

PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 2002-342872

(43)Date of publication of application : 29.11.2002

(51)Int.Cl.

G08G 1/00
G08G 1/01

(21)Application number : 2001-141989 (71)Applicant : SUMITOMO ELECTRIC IND LTD

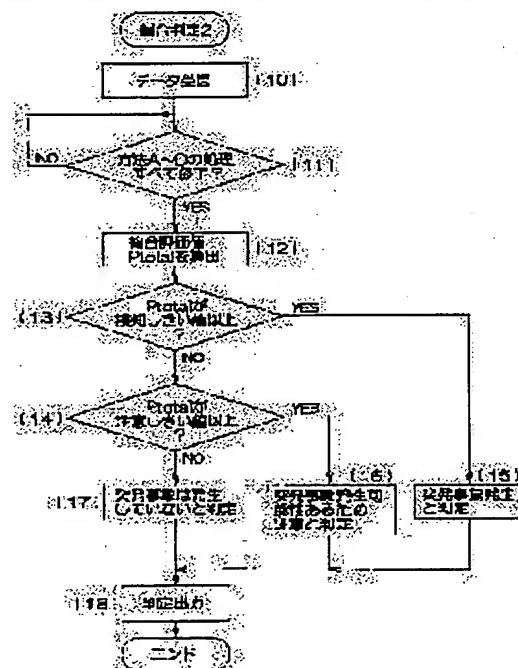
(22)Date of filing : 11.05.2001 (72)Inventor : HATTORI OSAMU
SHIMOURA HIROSHI
TENMOKU KENJI

(54) DEVICE AND METHOD FOR DETECTING ABNORMALITY OF TRAFFIC FLOW

(57)Abstract:

PROBLEM TO BE SOLVED: To comprehensively decide a change of a traffic situation appearing when a sudden event occurs on a road by perceiving the change of the traffic situation from various aspects.

SOLUTION: Sudden abnormality of a traffic flow is detected by two or more different systems on the basis of traffic measuring data 11, weighted mean operation to an abnormality congestion evaluation value of each of the systems is conducted 12, and comprehensive decision is conducted on the basis of the weighted mean value 15-17. Since a defect of each of the systems can be compensated by combining congestion results of each of the systems, the occurrence of the sudden event on the road can be detected more accurately.



LEGAL STATUS

[Date of request for examination] 12.02.2002

[Date of sending the examiner's decision of rejection]

[Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or application converted registration]

[Date of final disposal for application]

BEST AVAILABLE COPY

[Patent number]

[Date of registration]

[Number of appeal against examiner's
decision of rejection]

[Date of requesting appeal against
examiner's decision of rejection]

[Date of extinction of right]

Copyright (C); 1998,2003 Japan Patent Office

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開2002-342872

(P2002-342872A)

(43) 公開日 平成14年11月29日 (2002. 11. 29)

(51) Int. Cl.⁷

識別記号

F I

テーマト* (参考)

G 0 8 G 1/00
1/01

G 0 8 G 1/00
1/01

C 5 H 1 8 0
A

審査請求 有 請求項の数14 O L (全 23 頁)

(21) 出願番号 特願2001-141989 (P2001-141989)

(22) 出願日 平成13年5月11日 (2001. 5. 11)

特許法第30条第1項適用申請有り 平成12年12月14日
社団法人電気学会主催の「道路交通研究会」において文
書をもって発表

(71) 出願人 000002130

住友電気工業株式会社

大阪府大阪市中央区北浜四丁目5番33号

(72) 発明者 服部 理

大阪市此花区島屋一丁目1番3号 住友電
気工業株式会社大阪製作所内

(72) 発明者 下浦 弘

大阪市此花区島屋一丁目1番3号 住友電
気工業株式会社大阪製作所内

(74) 代理人 100075155

弁理士 亀井 弘勝 (外2名)

最終頁に続く

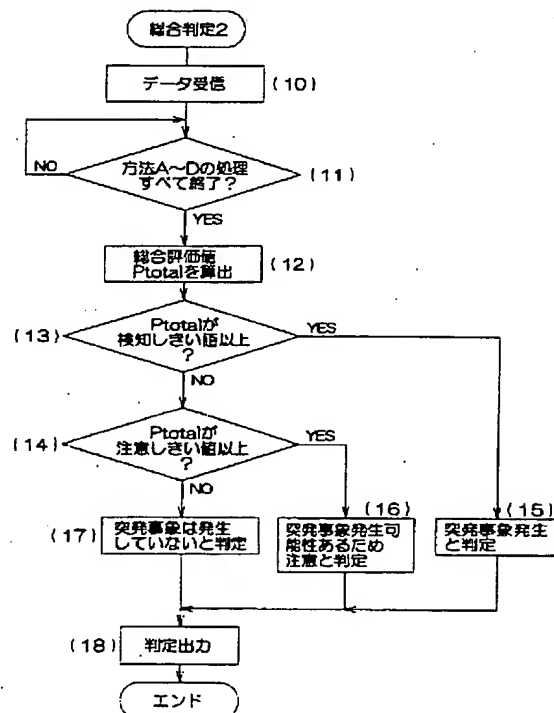
(54) 【発明の名称】 交通流の異常検知装置及び方法

(57) 【要約】

【課題】 道路に突発事象が発生したときに現れる交通状
況の変化をいろいろな側面から捉え、それらを総合的に
判断する。

【解決手段】 交通計測データに基づいて、2以上の異な
る方式で突発的交通流の異常検知を行い (11)、各方式
の異常検知評価値に対して重み付け平均演算を行い (1
2)、この重み付け平均値に基づいて、総合判定をする
(15-17)。

【効果】 各方式の検知結果を組み合わせることにより、
各方式の欠点を補うことができるので、道路上の突発事
象の発生をより精度よく検知することができる。



【特許請求の範囲】

【請求項 1】交通計測データに基づいて、2 以上の異なる方式で交通流の異常検知を行う異常検知手段と、異常検知手段による各方式の検知結果を組み合わせ、交通流の異常発生を判定する総合判定手段とを備えることを特徴とする交通流の異常検知装置。

【請求項 2】前記総合判定手段は、異常検知した方式数に基づいて、総合判定を行うことを特徴とする請求項 1 記載の交通流の異常検知装置。

【請求項 3】前記総合判定手段は、異常検知した方式数がしきい値を超えていれば交通流の異常発生を判定することを特徴とする請求項 2 記載の交通流の異常検知装置。

【請求項 4】前記総合判定手段は、各方式の評価値を加算した加算値に基づいて交通流の異常発生を判定することを特徴とする請求項 1 又は請求項 2 記載の交通流の異常検知装置。

【請求項 5】前記総合判定手段は、各方式の評価値に対して重み付け平均演算を行い、この重み付け平均値に基づいて、総合判定を行うことを特徴とする請求項 1 記載の交通流の異常検知装置。

【請求項 6】前記総合判定手段は、重み付け平均値がしきい値を超えていれば交通流の異常発生を判定することを特徴とする請求項 5 記載の交通流の異常検知装置。

【請求項 7】前記重み付け係数は、次の(a)～(g)のいずれか 1 つ、又はこれらの組み合わせの関数であり、自動的に決定されることを特徴とする請求項 5 記載の交通流の異常検知装置。

(a)交通計測データ、(b)道路線形、(c)曜日、(d)時間帯、(d)渋滞の程度、(e)各方式の検知精度(f)天候

【請求項 8】前記総合判定手段は、各方式が異常検知した時間順位に基づいて、総合判定を行うことを特徴とする請求項 1 記載の交通流の異常検知装置。

【請求項 9】実際に突発事象が発生した前後の交通計測データに基づいて、各方式での検知結果を求め、実績データとして蓄積することを特徴とする請求項 1 記載の交通流の異常検知装置。

【請求項 1 0】前記実績データには、正検知率、検知漏れ率、誤検知率、検知遅れ時間のうち 1 又は複数のデータが含まれることを特徴とする請求項 9 記載の交通流の異常検知装置。

【請求項 1 1】前記総合判定手段による判定の結果を異常情報として出力する情報提供手段をさらに有することを特徴とする請求項 1 記載の交通流の異常検知装置。

【請求項 1 2】前記総合判定手段は、判定の基礎となった値の大きさに応じて、段階的な判定を行い、前記情報提供手段は、この総合判定手段による段階的な判定の結果によって異常情報の内容を変えることを特徴とする請求項 1 1 記載の交通流の異常検知装置。

【請求項 1 3】前記総合判定手段は、複数の道路区間で

交通流の異常を検知した場合、判定の基礎となった値の大きさに応じて、異常発生発生区間を特定することを特徴とする請求項 1 記載の交通流の異常検知装置。

【請求項 1 4】交通計測データに基づいて、2 以上の異なる方式で交通流の異常検知を行い、各方式の検知結果を組み合わせ、交通流の異常発生を判定することを特徴とする交通流の異常検知方法。

【発明の詳細な説明】

【0 0 0 1】

【発明の属する技術分野】本発明は、道路に車両感知器等を設置して交通計測データを集め、この交通計測データによって、突発事象の発生による交通流の異常を検知することができる交通流の異常検知装置及び方法に関するものである。

【0 0 0 2】

【従来の技術】道路上に交通事故、災害などの突発事象が発生したとき、この突発事象に基づく交通流の異常をいち早く検知して、後続の車両に知らせたり、後続の車両を誘導したりする必要がある。従来、道路にカメラを設置して、画像処理をして交通流の異常を検知することが行われているが（特開平 7－2 1 4 8 8 号公報、特開平 1 0－4 0 4 9 0 号公報など参照）、道路の広い範囲にわたってカメラを設置することは経費がかかり、また、夜間や悪天候時の検知が困難である。

【0 0 0 3】そこで、道路の随所に設置した車両感知器を使って道路の交通量、車両の速度などを測定し、これらの測定値に基づいて交通流の異常を監視することが行われている。この監視装置によれば、交通量が少ないのに速度が急激に落ち、その状態が一定時間継続したときに事故発生と判定している。

【0 0 0 4】

【発明が解決しようとする課題】ところが前記の監視装置では、車両の走行速度に基づいて判定しているため、自然渋滞時に突発事象が起こった場合に区別がつきにくく、検知精度が低下するという問題があった。そこで、本発明者は、前記の問題を解決するため、車両感知器に挟まれた道路区間内の車両存在台数の時間変動を利用した交通流の異常検知アルゴリズム（特願 2000-199416 号）、道路のある車線の利用率の偏りに注目した交通流の異常検知アルゴリズム（特願 2000-278352 号）、上下 2 地点を通過した同一車両群の並びの一致度（マッチング）を判定することによる交通流の異常検知アルゴリズム（特願 2000-289296 号）、交通量や車両の平均速度に疎密波（周期性の乱れ、スペクトル変化）が現れることを利用した交通流の異常検知アルゴリズム（特願 2000-3 14139 号）を提案し、特許出願している。

【0 0 0 5】前記 4 つの交通流の異常検知アルゴリズムや、従来から行われている交通量や車両の速度の変化を利用した交通流の異常検知アルゴリズムなどのいずれかを単独で利用すれば、道路上の突発事象をある程度の確

実性で検知することができる。しかし、いずれのアルゴリズムもそれだけでは万能とはいえず、条件によっては、検知精度が悪くなることがある。1つのアルゴリズムだけでは、突発事象が発生していないのに発生したと誤検知する確率が高かったり、突発事象が発生しているのに発生していないと判定する検知漏れの確率が高かったりする。また、アルゴリズムの中には、性質上、検知遅れ時間の早いもの、遅いものがある。

【0006】例えば、道路区間内の車両存在台数の時間変動を利用した交通流の異常検知アルゴリズムでは、渋滞発生後に車両の流入、流出の変化が少なくなれば、検知精度は低下すると考えられる。利用率の偏りに注目した交通流の異常検知アルゴリズムでは、突発事象発生地点が車両感知器から離れすぎていると、検知精度が悪くなる。同一車両群のマッチングを判定する交通流の異常検知アルゴリズムや、スペクトル変化を利用した交通流の異常検知アルゴリズムは、渋滞時は効果があるが、渋滞していない自由走行時は、かえって渋滞時より検知精度が悪くなる可能性があると考えられる。

【0007】そこで、発明者は、道路に突発事象が発生したときに現れる交通状況の変化をいろいろな側面から捉え、それらを総合的に判断することにより、より精度よく、道路上の突発事象の発生を検知することができる考え、本発明を提案する。

【0008】

【課題を解決するための手段】本発明の交通流の異常検知装置は、交通計測データに基づいて、2以上の異なる方式で交通流の異常検知を行う異常検知手段と、異常検知手段による各方式の検知結果を組み合わせ、交通流の異常発生を判定する総合判定手段とを備えるものである(請求項1)。前記の構成によれば、各方式の検知結果を組み合わせることにより、各方式の欠点を補い、より精度の高い判定をすることができる。

【0009】前記総合判定手段は、異常検知した方式数に基づいて、総合判定を行うものであってもよい(請求項2)。複数ある方式のうち、異常検知した方式がいくつあるかによって、交通流の異常発生を判定するので、判定の確実性が向上する。前記総合判定手段は、異常検知した方式数がしきい値を超えていれば交通流の異常発生を判定することとしてもよい(請求項3)。異常検知した方式がしきい値よりも多ければ交通流の異常発生を判定するので、判定の確実性がさらに向上する。前記しきい値を複数ある方式の過半数に選べば、いわゆる多数決によって判定することができる。

【0010】前記総合判定手段は、各方式の評価値を加算した加算値に基づいて交通流の異常発生を判定してもよい(請求項4)。各方式を単独に採用した場合は、評価値が少しずつ足りない場合でも、各方式の評価値を加算した加算値が大きければ交通流の異常発生と判定できる場合があるので、そのようなときに有効な判定方法と

なる。本発明の総合判定手段は、各方式の評価値に対して重み付け平均演算を行い、この重み付け平均値に基づいて、総合判定を行うこととしてもよい(請求項5)。突発事象の発生状況に応じて、各方式の検知精度が異なるので、各方式の評価値に対して重み付け平均演算を行い、この重み付け平均値に基づいて、総合判定を行えば、判定の精度をさらに向上させることができる。

【0011】前記総合判定手段は、重み付け平均値がしきい値を超えていれば交通流の異常発生を判定することとしてもよい(請求項6)。重み付け平均値がしきい値よりも多ければ交通流の異常発生を判定するので、判定の確実性がさらに向上する。前記重み付け係数を、次の(a)~(g)のいずれか1つ、又はこれらの組み合わせの関数とし、自動的に決定されるようにしてもよい(請求項7)。

(a)交通計測データ：交通量Q、速度V、占有率Oなど交通計測データに応じて各方式の検知精度が異なることがある。交通量Qが多いときに有利な検知方式、不利な検知方式がある。

【0012】(b)道路線形：道路の曲がり具合や道路幅などにより、各方式の検知精度が異なることがある。例えば、急カーブの多い道路では、速度も遅くなり渋滞しやすいが、このようなときに有利な検知方式、不利な検知方式がある。

(c)曜日：曜日によって混んだり空いたりする道路があるので、どのような検知方式を重視するか決めることができる。

(d)時間帯：時間帯によって混んだり空いたりする道路があるので、どのような検知方式を重視するか決めることができる。

【0013】(d)渋滞の程度：渋滞の多い少ないによって有利な検知方式、不利な検知方式があり、どのような検知方式を重視するか決めることができる。

(e)各方式の検知精度：各方式の技術評価、過去の実績などに基づき、精度のよい方式、精度のよくない方式があるので、どのような検知方式を重視するか決めることができる。

(f)天候：雨、雪などの天候状態により精度のよい方式、精度のよくない方式があるので、どのような検知方式を重視するか決めることができる。

【0014】また、本発明の総合判定手段は、各方式が異常検知した時間順位に基づいて、総合判定を行うこととしてもよい(請求項8)。各方式によっては、早い段階で検知できる方式、遅い段階で検知する方式がある。そこで、各方式が検知した時間順位によって、検知の確からしさを決めることとすれば、判定の確実性を向上させることができる。また、本発明によれば、実際に突発事象が発生した前後の交通計測データに基づいて、各方式での検知結果を求め、実績データとして蓄積することが好ましい(請求項9)。これにより、各方式の実績に

基づいた評価をすることができる。

【0015】前記実績データには、正検知率、検知漏れ率、誤検知率、検知遅れ時間のうち1又は複数のデータが含まれていてもよい（請求項10）。これらの値は、各方式の評価を行うのに役立つパラメータとなる。本発明の交通流の異常検知装置は、前記総合判定手段による判定の結果を異常情報として出力する情報提供手段をさらに有することが、好ましい（請求項11）。ドライバなどに知らせることにより、事故の拡大を防止するためである。

【0016】前記総合判定手段は、判定の基礎となった値の大きさ（尤度）に応じて、段階的な判定を行い、前記情報提供手段は、この総合判定手段による段階的な判定の結果によって異常情報の内容を変えることが好ましい（請求項12）。突発事象発生（確実性）に応じて、例えば「この先事故・止まれ」、「前方注意」など情報提供の内容を変えることにより、ドライバなどに、より適切な情報を与えることができる。

【0017】前記総合判定手段は、複数の道路区間で交通流の異常を検知した場合、判定の基礎となった値の大きさに応じて、異常発生区間を特定してもよい（請求項13）。突発事象発生（確実性）の一番高い区間を異常発生区間とすることにより、後続のドライバなどに知らせることができる。また、本発明の交通流の異常検知方法は、交通計測データに基づいて、2以上の異なる方式で交通流の異常検知を行い、各方式の検知結果を組み合わせ、交通流の異常発生を判定する方法である（請求項14）。この方法は、請求項1記載の交通流の異常検知装置と同一発明に係る方法である。

【0018】

【発明の実施の形態】以下、高速道路の交通流監視を例にとって、本発明の実施の形態を、添付図面を参照しながら詳細に説明する。

1. システムの構成

図1は、交通流の異常検知をするための交通流監視システムを示す概略図である。

【0019】2車線ある高速道路1に、2ループ埋め込み式の車両感知器5が、間隔をおいて車線ごとに設置されている。また、車両の上方から車高を測定する超音波式の車両感知器3も、車線ごとに設置されている。これらの車両感知器3、5が設置された高速道路の区間を区間1、2、…、 i 、…（ i は2以上の整数）と表示する。各区間の距離を L_i とする。これらの車両感知器3、5、カメラは、一次処理装置4につながれていて、一次処理装置4は、車両通過台数のカウントや、車両速度の検知等を行う。

【0020】また、高速道路1には、事故情報や路面情報などを車両に知らせるための可変表示板6が設けられている。また、車両と双方向通信を行う路側ビーコン7が設けられている。さらに、高速道路1に接続する一般

道路2には、高速道路1の事故情報や路面情報などを、高速道路1に入ろうとする車両に知らせるための可変表示板9が設けられている。

【0021】交通管理センター10内部のコンピュータ11は、各区間に設置された一次処理装置4、路側ビーコン7、可変表示板6などと、有線通信網12（無線通信網であってもよい）を通して接続されている。また、当該コンピュータ11は、建設省、警察庁、消防庁などの関係機関13と通信回線を通して結ばれており、放送局14とも通信回線を通して結ばれている。なお、前記のシステム例では、高速道路を想定していたが、一般道路であってもよい。車線数が2車線の道路を想定したが、車線数は、2に限られるものではなく、1車線であっても3以上の車線であってもよい。

【0022】また、複数埋め込み式の車両感知器5に代えて、道路の脇に設置されるドップラー式の車両感知器を用いてもよい。また、道路にテレビカメラを設置して画像処理により車両通過台数、車高、車長、通過速度などを検知してもよい。以下に説明するこのコンピュータ11の機能の全部又は一部は、プログラムROM等の記録媒体に記録されたプログラムをコンピュータ11が実行することにより実現される。

【0023】2. 交通管理センター

図2は、交通管理センター10内部のコンピュータ11の機能ブロック図である。コンピュータ11の入力処理部21には、車両感知器5の感知信号が一次処理装置4を介して入力される。入力処理部21は、車両感知器5が感知した車両の通過台数や車両速度の検知量に基づいて、交通量（単位時間当たりの通過台数） Q 、平均速度 V 、占有率 O （ある時間 T 内に車両が車両感知器を横切った時間 t_k の総和 $\sum t_k$ を時間 T で割ったもの： $\sum t_k / T$ ）や車両の特徴量等を算出する。「平均」速度としたのは、一定時間内に通過した各車両の速度の平均をとるためである。以下、「平均速度」のことを単に「速度」という。

【0024】区間 i に注目して、区間 i の距離を L_i 、時刻 t における区間 i への第1車線の流入交通量を $Q_{1,i}(t)$ 、第2車線の流入交通量を $Q_{2,i}(t)$ とし、第1車線と第2車線の両方を合わせた、時刻 t における区間 i への流入交通量を $Q_i(t)$ とする。同じく、区間 i からの第1車線の流出交通量を $Q_{1,i+1}(t)$ 、第2車線の流出交通量を $Q_{2,i+1}(t)$ とし、第1車線と第2車線の両方を合わせた、時刻 t における区間 i からの流出交通量を $Q_{i+1}(t)$ とする。

【0025】 $Q_i(t) = Q_{1,i}(t) + Q_{2,i}(t)$

$Q_{i+1}(t) = Q_{1,i+1}(t) + Q_{2,i+1}(t)$

また、時刻 t における区間 i への第1車線の流入速度を $V_{1,i}(t)$ 、第2車線の流入速度を $V_{2,i}(t)$ とする。同じく、区間 i からの第1車線の流出速度を $V_{1,i+1}(t)$ 、第2車線の流出速度を $V_{2,i+1}(t)$ とする。第1車線と第2

車線の、各交通量で重み付け平均した時刻 t における区間 i への流入速度を $V_i(t)$ とし、区間 i からの流出速度を $V_{i+1}(t)$ とする。

【0026】また、第1車線の車両の占有率を $O_1(t)$ 、第2車線の車両の占有率を $O_2(t)$ とする。両車線の占有率を $O(t)$ とする。また、入力処理部21は、車両の特徴量を算出する。すなわち、車両感知器3の出力に基づいて各車両の最大車高を算出するとともに、車両感知器5の2つのループの出力時間差に基づいて車両の速度を測定し、これと車両の感知時間とに基づいて車長を算出する。車両が通過するごとに車高、車長が算出されるので、1又は複数の車高、車長のデータ列が車線ごとに得られる。

【0027】なお、コンピュータ11の入力処理部21において交通量 Q や平均速度 V を算出していたが、これらの算出処理は、一次処理装置4の中でするようにしてもよい。これらの交通量、速度、占有率、車高、車長等の検知データを、「交通計測データ」という。

3. 個別判定方式

コンピュータ11には、判定部22が設けられており、判定部22の中には、複数の判定アルゴリズム（以下、方法A～方法Eという）により、交通流の異常をそれぞれ判定する判定部A～判定部Eが設けられている。

【0028】3. 1 道路区間内の車両存在台数の時間変動を利用した交通流の異常検知（方法A）

判定部Aは、以下に説明するように、それぞれ異なる手法A1、A2により、車両存在台数の時間変動を算出する。

<手法A1>判定部Aは、流入交通量 $Q_i(t)$ と流出交通量 $Q_{i+1}(t)$ との差 $\Delta Q_i(t)$ を算出する。

【0029】 $\Delta Q_i(t) = Q_i(t) - Q_{i+1}(t)$

そして判定部Aは、車両存在台数 $E_i(t)$ の時間変動量を求める。 $\Delta Q_i(t)$ そのものが、車両存在台数 $E_i(t)$ の時間変動量を表すことになる。判定部Aは、一定（例えば1分）間隔の時刻 $t_1, t_2, t_3, \dots, t_k, \dots$ （代表するときは添え字 k を使う）ごとに $\Delta Q_i(t_k)$ を記録し、過去の期間 T （例えば10分）にわたる分散 (variance) を算出する。この分散を $\sigma_1(t_k)$ と書く。

【0030】<手法A2>判定部Aは、区間 i を前半と後半に分け、それぞれにおいて車両存在台数を算出する。区間前半においては流入交通量 $Q_i(t)$ と、流入速度 $V_i(t)$ とを用いて区間前半の存在台数 $E_{i1}(t)$ を求める。

$$E_{i1}(t) = Q_i(t) / V_i(t) \cdot L_i / 2$$

後半においては流出交通量 $Q_{i+1}(t)$ と流出速度 $V_{i+1}(t)$ とから区間後半の存在台数 $E_{i2}(t)$ を求める。

【0031】

$$E_{i2}(t) = Q_{i+1}(t) / V_{i+1}(t) \cdot L_i / 2$$

そして、両方の存在台数 $E_{i1}(t)$ 、 $E_{i2}(t)$ の和をとって、区間 i の車両存在台数 $E_i(t)$ とする。

$$E_i(t) = E_{i1}(t) + E_{i2}(t)$$

判定部Aは、車両存在台数 $E_i(t)$ の時間変動量を求めるために、各時刻 t_k ごとに $E_i(t_k)$ を記録し、過去の期間 T にわたる分散を算出する。この分散を $\sigma_2(t_k)$ と書く（手法A2終り）。

【0032】判定部Aは、手法A1と手法A2とから取得される分散 $\sigma_1(t_k)$ 、 $\sigma_2(t_k)$ に基づいて、突発事象発生を判定する。図3は、判定部Aが行う突発事象発生を監視する処理を説明するフローチャートである。判定部Aは、この処理を、時刻 t_k ごとに繰り返し行う。図3に沿って説明すると、判定部Aは、分散 $\sigma_1(t_k)$ 、 $\sigma_2(t_k)$ を取得し（ステップS1）、 $\sigma_1(t_k)$ 、 $\sigma_2(t_k)$ がそれぞれしきい値以上であるかどうか判定する（ステップS2、4）。両方がしきい値以上であれば、評価値に定数 α を加算し（ステップS3）、一方のみがしきい値以上であれば、評価値に定数 β （ $\beta < \alpha$ ）を加算する（ステップS5）。 α 、 β は手法A1と手法A2の重み付け係数である。前記評価値に加算するのは、瞬時的な誤検出を防止するためである。

【0033】 $\sigma_1(t_k)$ 、 $\sigma_2(t_k)$ がいずれもしきい値未満であれば、評価値を0にリセットする（ステップS6）。評価値が一定値以上となったかどうか判定し（ステップS7）、一定値以上となれば、判定部Aは、突発事象が発生したと判断する（ステップS8）。一定値以上でなければ、次の時刻 t_{k+1} に判断を持ち越す。この算出された評価値と、判定の結果は、総合判定部23に送られる。

【0034】3. 2 車線利用率の偏りに注目した交通流の異常検知（方法B）

判定部Bは、一定（例えば1分）間隔の時刻 $t_1, t_2, t_3, \dots, t_k, \dots$ （代表するときは添え字のない「 t 」を使う）ごとに交通量 $Q_1(t)$ 、 $Q_2(t)$ 、速度 $V_1(t)$ 、 $V_2(t)$ 、占有率 $O_1(t)$ 、 $O_2(t)$ を記録し、第1車線及び第2車線の車線利用率 $r_1(t)$ 、 $r_2(t)$ を算出する。ここで、車線利用率 $r_1(t)$ 、 $r_2(t)$ とは、全車線の交通量に対する当該車線の交通量の比で定義してもよく、全車線の占有率の和に対する当該車線の占有率の比で定義してもよい。前者の場合、 $r_1(t) = Q_1(t) / Q(t)$ 、 $r_2(t) = Q_2(t) / Q(t)$ である。後者の場合、 $r_1(t) = O_1(t) / O(t)$ 、 $r_2(t) = O_2(t) / O(t)$ である。

【0035】判定部Bは、過去の期間 T （例えば10分）にわたる車線利用率の平均値を算出する。この平均値を、 r_1 、 r_2 と書く。判定部Bは、図4に示す手順により、突発事象の発生を判定する。図4は、判定部Bが行う突発事象発生を監視する処理を説明するためのフローチャートである。以下の説明は、ある車両感知器5の

設置地点に注目して、その地点で行われる処理についてのものであり、これより上流及び下流の車両感知器5の各設置地点においても、それぞれ同様の処理が行われることを予め断っておく。

【0036】判定部Bは、この処理を、時刻 t_k ごとに繰り返し行う。図4に沿って説明すると、判定部Bは、交通量 $Q(t)$ が一定以上あるかどうかを判定する（占有率 $O(t)$ で判定してもよい）（ステップT1）。交通量 $Q(t)$ が一定以上なければ、判定を中止する。交通量 $Q(t)$ があまり低いと、算出される車線利用率の精度も低下するので、突発事象発生の信頼性ある判定ができないからである。交通量 $Q(t)$ が一定以上あり、車線利用率の精度が期待できる場合、平均の車線利用率 r_1 又は r_2 を算出し、車線利用率 r_1 又は r_2 が偏っているかどうかを判断する（ステップT2）。その判断基準として、 r_1 若しくは r_2 が0.5に近いかどうか、又は r_1 と r_2 との比が1に近いかどうか、があげられる。例えば、

$$r_1 < 0.4$$

又は

$$r_1 > 0.6$$

であれば、偏っていると判断し、

$$0.4 \leq r_1 \leq 0.6$$

であれば、偏っていないと判断する。0.6や0.4はしきい値である。しきい値が0.5に近過ぎると、車線利用率が偏っていると判断される機会が増えて、突発事象発生の判定率が増える。その結果、過剰判定に結びつく。しきい値が0.5から離れ過ぎると、車線利用率が偏っていると判断される機会が減り、突発事象発生の判定率が減る。その結果、突発事象発生を見逃しやすくなる。

【0037】そこで、このしきい値は、実際に道路上の突発事象が発生した時点前後の車線利用率のデータを記録しておき、本発明の実施により道路上の突発事象の発生を最も精度よく検知することができるような値に選ばれよう。さらに、時間帯、曜日、催事のある日ない日など、過去のいろいろな条件での車線利用率のデータを蓄積し、時間帯、曜日、季節、天候、催事の有無などに応じて、最適なしきい値を設定するようにしてもよい。

【0038】偏っていると判断されたときは、上流に設置された車両感知器5で検知された車線利用率との相関を算出する（ステップT3）。この相関は、例えば、当該車線利用率 r_1 と上流の車線利用率 r_1' との差の逆数で与えられる（ABSは絶対値を表す）。

$$1/ABS(r_1 - r_1')$$

当該車線利用率 r_1 と上流の車線利用率 r_1' とが近い値をとれば、相関が大きくなり、該車線利用率 r_1 と上流の車線利用率 r_1' とが離れた値をとれば、相関が小さくなる。

【0039】次に、この相関を一定の基準値と比較する（ステップT4）。このように相関を基準値と比較するの

は、当該車線利用率 r_1 と、上流の車線利用率 r_1' とが離れた値をとれば（つまり相関が小さい）、上流地点から当該地点まで、車線利用率に変化が起こり、その間に突発事象が起こったと判断できることに基づく。「基準値」として、経験上、区間内の突発事象の発生を精度よく検知できる値に選択される。具体的には、蓄積データなどから自動的に選ばれるようにする。

【0040】上流地点との相関が基準値以下であれば（ステップT4のNO）、下流に設置された車両感知器5で検知された車線利用率との相関を算出する（ステップT5）。下流地点との相関も、基準値以下であれば（ステップT6のNO）、当該地点の近くで突発事象が発生したと判断する（ステップT7）。この結果は、後述する総合判定に持ち込まれる。上流地点との相関が基準値以上（相関があると判断された場合）であれば（ステップT4のYES）、上流地点から当該地点まで、車線利用率に変化がなく、その間に突発事象が起こったとは考えにくい。したがって、当該地点での突発事象発生の判定処理を停止する（この場合、上流地点で行われている突発事象発生監視処理において、突発事象の発生が検知される可能性がある）。

【0041】下流地点との相関が一定の基準値以上（相関があると判断された場合）であれば（ステップT6のYES）、当該地点から下流地点まで、車線利用率に変化がなく、その間に突発事象が起こったとは考えにくい。したがってこの場合も、当該地点での突発事象発生の判定処理を停止する（この場合、下流地点で行われている突発事象発生監視処理において、突発事象の発生が検知されている可能性がある）。

【0042】なお、3車線の道路でも車線利用率の偏りに注目した交通流の異常検知方法は適用できる。この場合、各車線の車線利用率 $r_1(t)$ 、 $r_2(t)$ 、 $r_3(t)$ は、全車線の交通量に対する当該車線の交通量の比で定義してもよく、全車線の占有率に対する当該車線の占有率の比で定義してもよい。前者の場合、

$$r_1(t) = Q_1(t) / Q(t),$$

$$r_2(t) = Q_2(t) / Q(t),$$

$$r_3(t) = Q_3(t) / Q(t),$$

$$Q(t) = Q_1(t) + Q_2(t) + Q_3(t)$$

である。後者の場合、

$$r_1(t) = O_1(t) / O(t),$$

$$r_2(t) = O_2(t) / O(t),$$

$$r_3(t) = O_3(t) / O(t),$$

$$O(t) = O_1(t) + O_2(t) + O_3(t)$$

である。4車線以上ある道路においても、各車線の車線利用率が定義できる。

【0043】3. 3 車両群のマッチングを判定することによる交通流の異常検知（方法C）

判定部Cの行う車両群マッチング処理方法をフローチャート（図5）を用いて説明する。なお、車両群マッ

グ処理方法には、以下に説明する方法以外にも、種々の方法が公知であるが、以下では、その一例として、車両の対応付けをp次元アライメント問題に帰着させて行う方法を説明する(小林他「2地点車両観測情報からの全域的交通流解析アルゴリズム」(社)情報処理学会 第72回アルゴリズム研究会 平成12年3月21日発表)。

【0044】以下、1つの車線のみに着目する。他の車線から当該車線に進入した車両や、当該車線から他の車線に退出する車両は、交差点から当該車線に進入した車両や、当該車線から交差点に退出した車両と同様に扱う。走行方向上流の車両感知器3、5で感知した車高、車長データ列を入力し(ステップU1)、走行方向下流の車両感知器3、5で感知した車高、車長データ列を入力する(ステップU2)。

*

【0045】上流の車両感知器で感知した処理対象車両数をnとし、車高データ列を $hA1, hA2, hA3, \dots, hAn$ で表し(代表するときは「 hA 」で表す。)、車長データ列を $lA1, lA2, lA3, \dots, lAn$ (代表するときは「 lA 」で表す。)で表す。下流の車両感知器で感知した処理対象車両数をmとし、車高データ列を $hB1, hB2, hB3, \dots, hBm$ (代表するときは「 hB 」で表す。)で表し、車長データ列を $lB1, lB2, lB3, \dots, lBm$ (代表するときは「 lB 」で表す。)で表す。

10

【0046】上流の車両感知器で車高 hA と検出された車高 h の車両が、下流の車両感知器で車高 hB と観測される確率は、車両感知器の観測誤差がガウス分布に従うと仮定すれば、下記(1)式で表される。

【0047】

* 【数1】

$$\Pr(h_A \cap h_B | h) = \frac{1}{2\pi\sigma_{h,A}\sigma_{h,B}} \exp\left(-\frac{(h-h_A)^2}{2\sigma_{h,A}^2} - \frac{(h-h_B)^2}{2\sigma_{h,B}^2}\right) \quad (1)$$

【0048】ここで $\sigma^2_{h,A}$ は上流の車両感知器で観測される車高の分散、 $\sigma^2_{h,B}$ は上流の車両感知器で観測される車高の分散である。同様に、上流の車両感知器で車長 lA と検出された車長 l の車両が、下流の車両感知器で※

※車長 lB と観測される確率は、下記(2)式で表される。

20 【0049】

【数2】

$$\Pr(l_A \cap l_B | l) = \frac{1}{2\pi\sigma_{l,A}\sigma_{l,B}} \exp\left(-\frac{(l-l_A)^2}{2\sigma_{l,A}^2} - \frac{(l-l_B)^2}{2\sigma_{l,B}^2}\right) \quad (2)$$

【0050】ここで $\sigma^2_{l,A}$ は上流の車両感知器で観測される車長の分散、 $\sigma^2_{l,B}$ は上流の車両感知器で観測される車長の分散である。

(a) コスト評価基準として車高又は車長の差を用いる場合

★30 【数3】

$$P_h(h_A, h_B) = \int_{-\infty}^{\infty} \Pr(h_A \cap h_B | h) dh = \frac{1}{\sqrt{2\pi(\sigma_{h,A}^2 + \sigma_{h,B}^2)}} \exp\left(-\frac{(h_A - h_B)^2}{2(\sigma_{h,A}^2 + \sigma_{h,B}^2)}\right) \quad (3)$$

【0052】同様に、上流の車両感知器で車長 lA と検出された車両が、下流の車両感知器で車長 lB と検出される事後確率密度 $P_l(l_A, l_B)$ は、下記(4)式で表され ☆

☆る。

【0053】

【数4】

$$P_l(l_A, l_B) = \int_{-\infty}^{\infty} \Pr(l_A \cap l_B | l) dl = \frac{1}{\sqrt{2\pi(\sigma_{l,A}^2 + \sigma_{l,B}^2)}} \exp\left(-\frac{(l_A - l_B)^2}{2(\sigma_{l,A}^2 + \sigma_{l,B}^2)}\right) \quad (4)$$

【0054】 $\sigma^2_{h,A} + \sigma^2_{h,B} = \sigma^2_h$ と表し、 $\sigma^2_{l,A} + \sigma^2_{l,B} = \sigma^2_l$ と書くと、前記(3)(4)式は、それぞれ、(5)(6)式のように書き換えられる。

◆

40 ◆ 【0055】

【数5】

$$P_h(h_A, h_B) = \frac{1}{\sqrt{2\pi\sigma_h^2}} \exp\left(-\frac{(h_A - h_B)^2}{2\sigma_h^2}\right) \quad (5)$$

【0056】

* * 【数6】

$$P_l(l_A, l_B) = \frac{1}{\sqrt{2\pi\sigma_l^2}} \exp\left(-\frac{(l_A - l_B)^2}{2\sigma_l^2}\right) \quad (6)$$

【0057】(b) コスト評価基準として車高又は車長の 50 比を用いる場合

前記(5)(6)式に代えて、次の(7)(8)式を用いる。

【0058】

*【数7】

$$P_h(h_A, h_B) = \frac{1}{\sqrt{2\pi\sigma_h^2}} \exp \left(-\frac{\left(1 - \frac{h_A}{h_B}\right)^2}{2\sigma_h^2} \right) \quad (7)$$

【0059】

※ ※【数8】

$$P_l(l_A, l_B) = \frac{1}{\sqrt{2\pi\sigma_l^2}} \exp \left(-\frac{\left(1 - \frac{l_A}{l_B}\right)^2}{2\sigma_l^2} \right) \quad (8)$$

【0060】以上に掲げた確率密度の自然対数を「マッチコスト」という。車高のみを用いる場合、上流の車両感知器で車高 h_A と検出された車両と、下流の車両感知器で車高 h_B と検出された車両とのマッチコスト $d(h_A, h_B)$ は、

$$d(h_A, h_B) = \ln [Ph(h_A, h_B)] \quad (9)$$

となる。車長のみを用いる場合は、上流の車両感知器で車長 l_A と検出された車両と、下流の車両感知器で車長 l_B と検出された車両とのマッチコスト $d(l_A, l_B)$ は、

コスト $d(h_A, l_A; h_B, l_B)$ は、

$$d(h_A, l_A; h_B, l_B) = \ln [Ph(h_A, h_B)] + \ln [Pl(l_A, l_B)] \quad (11)$$

となる。判定部Cは、前記(9)(10)(11)式のいずれかによって、上流の車両感知器で感知した車両、下流の車両感知器で感知した車両の全組み合わせについて、マッチコストを算出する(ステップU3)。

【0062】次に、判定部Cは、「ギャップコスト」を取得する。このギャップコストは、車両感知器の特性に応じた定数として記憶されているものである。マッチコストとギャップコストとを総称して「スコア」という。ギャップコストには、インターナルギャップコスト(I☆

$$\begin{aligned} d(h_A, -) &= d(-, h_B) = (1/2) \ln [Ph(0, 3\sigma_h)] \\ &= -(1/2) \ln ((2\pi)^{1/2} \sigma_h) - 9/4 \end{aligned} \quad (12)$$

式中 $1/2$ を用いているのは、ギャップコストを用いる場合は2本の枝を使うことになるので、枝1本分のコストにするためである(以下同じ)。車長のみを用いる場

★ l_B と検出された車両とのマッチコスト $d(l_A, l_B)$ は、 $d(l_A, l_B) = \ln [Pl(l_A, l_B)]$ (10) となる。

【0061】車高と車長を併用する場合は、上流の車両感知器で車高 h_A 、車長 l_A と検出された車両と、下流の車両感知器で車高 h_B 、車長 l_B と検出された車両とのマッチ

☆GC)とイクスターナルギャップコスト(EXGC)との2種類がある。IGCは、両地点の間で追い越しが発生してその順序が入れ替わってしまい、対応が付かないような場合に設定される。これは、車高、車長のいずれかが 3σ 以上離れることはなく、 3σ 以上離れるとそれは別の車両とみなすとの仮定に基づく。

【0063】車高のみを用いる場合、IGCの具体的な値を示すと、(12)式のようにになる。

◆合、IGCの具体的な値を示すと、(13)式のようになる。

$$\begin{aligned} d(l_A, -) &= d(-, l_B) = (1/2) \ln [Pl(0, 3\sigma_l)] \\ &= -(1/2) \ln ((2\pi)^{1/2} \sigma_l) - 9/4 \end{aligned} \quad (13)$$

車高と車長を併用する場合は、IGCの具体的な値を示すと、(14)式のようになる。

$$\begin{aligned} d(h_A, -; -, -) &= d(-, l_A; -, -) \\ &= d(-, -; h_B, -) = d(-, -; -, l_B) \\ &= (1/2) \{ \ln [Ph(0, 3\sigma_h)] + \ln [Pl(0, 0)] \} \\ &= (1/2) \{ \ln [Ph(0, 0)] + \ln [Pl(0, 3\sigma_l)] \} \\ &= -(1/2) \ln (2\pi\sigma_h\sigma_l) - 9/4 \end{aligned} \quad (14)$$

EXGCは、上流地点を通過した車両がまだ下流地点を通過せず、車両の対応が付けられない場合に設定する。

このEXGCの値は、実際に、本装置設置後の初期設定

等の時点で、目視などで最適なマッチングが得られていると確認された場合に、アライメントの最大スコアを算出し、その最大スコアに基づいて決定されるものである。

る。

【0065】さらに、現実には対応し得ないと思われる車両間の対応スコアは $-\infty$ にしておくことも考えられる(例えば旅行時間が負になる、経験上推定される旅行時間と比べると、あまりにも短いあるいは長い、など)。以上の各コストが得られると、マッチコスト又はギャップコストの和が最大となるように、上流の車両感知器で感知した n 台の車両と、下流の車両感知器で感知した m 台の車両との対応付けを行う。このため、2次元の文字列アライメント問題として定式化する。

【0066】上流地点を通過した車両を $a_1, a_2, a_3, \dots, a_n$ で表し、下流地点を通過した車両を $b_1, b_2, b_3, \dots, b_m$ で表す。行列 $(a_i b_j)$ ($1 \leq i \leq n, 1 \leq j \leq m$)をアライメントと呼ぶ。2次元の文字列アライメント問題は、2次元格子状有向グラフ上の最長路問題に帰着できる(一般的な呼び方は「最短路問題」であるが、ここではコストの和の最長のパスを求めているので、「最長路問題」という)。図6は、2次元格子状有向グラフを描いた図である。図6では、車両 a_i と車両 b_j とを対応させる斜めの枝が実線で表されている。この枝長は、前述したマッチコスト d (9)~(11)式のいずれかに相当する。枠の内側の縦横の破線枝は、車両 a_i と車両 b_j との対応が付かない場合を表し、その枝長は、前述したIGCに相当する。枠の外側の一点鎖線の枝は、対応する車両がない場合を表し、その枝長は、前述したEXGCに相当する。

【0067】図6の左上の点から、右下の点に至るコストの和の最長のパスが、車両のもっともらしい対応付けを示す解となる。この最長路問題は、動的計画(DP; Dynamic Programming)法で解くことができる(ステップU4)(下記[1][2]参照)。

[1] D. Gusfield. "Algorithms on Strings, Trees, and Sequences." Cambridge University Press, 1997.

[2] S. B. Needleman and C. D. Wunsch. "A general meth*.

$$g = S' (A) / [n + m - x (A)] \quad (15)$$

たとえば、 $n = 4, m = 3$ とした場合の2次元格子状有向グラフを描くと図8のようになる。図8において、マッチング部分のスコア $S' (A)$ 、EXGCの値 $g \cdot x (A)$ を示している。ただし、 $x (A) = n - m = 4 - 3$

$$g = S' (A) / [4 + 3 - 1] = S' (A) / 6 \quad (16)$$

となる。

【0071】実際には、上下流でマッチングが確認されている車両群を観測してEXGCの値 g を求める、という処理を複数回行い、求められた複数の g の平均をとり、この平均値を最終的にEXGCの値 g として決定すればよい。前記のIGCとEXGCとを使った実施形態では、最新時点側(観測時刻の遅いほう)の車両対応付★

$$g = S' (A) / [n + m - x (A)] \quad (15)$$

で表される。一方、トータルスコア $S (A, g)$ は、

$$S (A, g) = S' (A) + g \cdot x (A) \quad (17)$$

*od applicable to thesearch for similarities in the amino acid sequences of two proteins." Journal of Molecular Biology, 48, pp. 443-453, 1970.

例えば、 $n = 3, m = 4$ とし、最長路問題を解いた結果、図7に示すような経路(太い実線)が得られたとする。この図7から、車両 a_1 は b_1 に対応し、車両 a_2 と車両 b_2 は対応せず(インターナルギャップ)、車両 a_3 は b_3 に対応し、車両 b_4 に対応するものがない(イクスターナルギャップ)、ことが分かる。この原因は、車両 a_2 と a_3 は上流地点を通過した後入れ替わった、と考えられ、車両 b_4 は途中の交差点から進入してきた若しくは車線間移動により入ってきた、と考えられる。

【0068】以上の解析結果を出力する(ステップU5)。そして、出力された結果に基づいて、一致する車両同士に着目して、旅行時間を推定することができる。ここで、EXGCの値を決定する方法を説明する。EXGCの値を g と置く。上流で n 台車両が観測され、下流で m 台の車両が観測されたとする。ただし $n < m$ とする。目視などにより、上流地点で観測された車両 $a_1 \sim a_n$ は、下流地点において観測された車両 $b_1 \sim b_m$ に対応していることが分かっているものとする。しかし、上流地点で比較的遅い時刻に観測された車両 $a_{n+1} \sim a_m$ は、下流地点の観測時点において、まだ下流に到達しておらず、対応するものがない。

【0069】このときのアライメントの、マッチング部分のスコアを $S' (A)$ 、非マッチング部分のスコアを $g \cdot x (A)$ と書く。 $S' (A)$ は車両感知器の実測値から算出される値である。 g は求めたいEXGCの値であり、 $x (A)$ は非マッチング台数を示し、 $x (A) = n - m$ である。EXGCの値 g を「最適なマッチングが得られている場合の、マッチング部分のスコア $S' (A)$ を、 $n + m - x (A)$ 」で割ったもの、と定義する。

【0070】

※3=1となるので、図8で $g \cdot x (A)$ と示したものは、 g そのものを示している。この図8の例では、EXGCの値 g は、前記(15)に基づき、

★け部分(m の最も大きいところのデータ)は、EXGCの値に大きく依存してしまう。EXGCの値は、前述したように統計的に求められる値なので、変動する。

【0072】そこで、時系列最新時点側のEXGCを必要としないようにアルゴリズムを拡張する方法を説明する。前述したとおり、EXGCの値 g は、

で表される。(15)式を(17)式に代入すると、

$$\begin{aligned} S(A, g) &= S'(A) + S'(A) \times (A) / [n+m-x(A)] \\ &= (n+m) S'(A) / [n+m-x(A)] \end{aligned} \quad (18)$$

となる。 $n+m$ は一定なので、 $S'(A) / [n+m-x(A)]$ を最大にするようなパスが最適な解となる。

【0073】上に述べたことを図解すると、次のようになる。図9は、時系列最新時点側のイクスターナルギャップを除いた2次元格子状有向グラフを描いた図である。この図9のグラフにおいて、上流側通過車両 a_1, \dots, a_n の添え字を i ($1 \leq i \leq n$)とし、最新時点側の対応点を v_i とする。各点 v_i でのアライメントの最大スコアを求め、そのスコアを $(i+m)-x(A)$ で割った値が最大になる点を最新時点側の対応点 v_{i_0} とする。

【0074】以上で、本発明の実施の形態を説明したが、本発明の実施は、前記の形態に限定されるものではない。例えば、本発明において、車長や車高のデータ以外に、カメラで車両の画像データを取得してアライメントに利用することができる。この場合、画像間のスコアを定める必要があるが、画像検索などの分野で考案されている「画像間の距離」、具体的には、マッチディスタンス(下記[3]参照)、EMD(Earth Mover's Distance)(下記[4]参照)を利用することができる。

【0075】[3] M. Werman, S. Peleg, and A. Rosenfeld. "A distance metric for multi-dimensional histograms." Computer, Vision, Graphics, and Image Processing, 32, pp. 328-336, 1985.

[4] Y. Rubner, C. Tomasi, and L. J. Guibas. "The Earth Mover's Distance as a Metric for Image Retrieval." Technical Report STAN-CS-TN-98-86, Department of Computer Science, Stanford University, September

$$D_{total} = d(ha, la; hb, lb) + \lambda D_{ij} \quad (18)$$

ここで定数 λ は重み付け係数である。また、車長・車高のギャップコストを G とし、実対応車両間の距離の最大値を M としたとき、総ギャップコスト G_{total} は、 $G_{total} = G - \lambda M / 2$ (19) として与えられる。

【0078】また、前記の実施の形態では、車両観測地点は、2地点としていたが、これを任意の複数地点に拡張することも可能である。車両観測地点が p (p は2以上の整数) 地点あれば、車両の対応付けを p 次元アライメント問題に帰着させることが可能である。以上のようにして、上流地点を通過した n 台の車両と、下流地点を通過した m 台の車両との対応付けが行われた。

【0079】次に、判定部Cの行う交通流の異常検知処理をフローチャート(図10)を用いて説明する。この異常検知処理は、上流地点を通過した車両と、下流地点を通過した車両との対応付けをするのに同期して、行

*r 1998.

マッチディスタンスは、画像内の画素の色情報を利用した距離で、2つの画像ヒストグラムの累積ヒストグラム間のL1距離として与えられる。具体的には、各車両の後方より撮影した画像から、輝度のヒストグラムと色相のヒストグラムを作る。輝度のヒストグラムは、すべての画素を輝度より32レベルに分け、度数は各レベルの画素数とする。色相のヒストグラムは色相を30段階に分け、度数は、各段階に含まれる画素の彩度の総和とする。画像の距離は、輝度と色相のヒストグラムによる距離の加重和とした。

【0076】EMDは、マッチディスタンスを一般化した距離で、画素の色情報の他に位置情報も用いる。各画像の画素を色と位置の近さによってクラスタリングし(下記[5]参照)、それらの間の最小費用流として与えられる。今回は、各画像を16クラスタにクラスタリングした。

[5] M. Inaba, H. Imai, and N. Katoh. "Application of weighted Voronoi diagrams and randomization to variance-based k-clustering." In Proceedings of the 10th ACM Symposium on Computational Geometry, pp. 332-339, 1994

車両 a_i と車両 b_j との画像間の距離を D_{ij} としたとき、アライメントのスコア D_{total} として、前記(9)(10)(11)式のいずれかと、画像間の距離 D_{ij} との線形和を採用する。

【0077】

る(ステップV1)。そして、下流地点を通過した車両のうち、何割が上流地点を通過した車両と対応付けされているのかを調べる。この割合をマッチング率という。例えば、下流地点を通過した m 台の車両のうち、 p 台が、上流地点を通過した車両と対応するとすれば、マッチング率は、 p/m となる。

【0080】ここで、旅行時間を測定し、旅行時間が比較的短い場合、つまり自由流に近い場合、しきい値を比較的小さくし、旅行時間が比較的長い場合、つまり渋滞の場合、しきい値を比較的大きくする(ステップV2~V4)。判定部Cは、マッチング率としきい値とを比較し(ステップV2)、しきい値よりも低ければ、上下流地点の間で突発事象が発生したと判断する(ステップV4)。しきい値より高ければ、さらに、過去(例えば1回前)の上下流地点を通過した車両の対応付で得られたマッチング率がしきい値よりも高かったかどうかを調べ、高ければ異常なしと判断する。低ければ、突発事象

が続いていると判断する。

【0081】このように、マッチング率が2回以上連続してしきい値よりも高い場合に、異常なしと判断するのは、突発事象が起こっても偶然マッチングした場合における誤った判断を避けるためである。前記しきい値は、実際に突発事象が発生した場合のマッチング率を調べて、適切な値に決定すればよい。以上のようにして、マッチング率及び突発事象発生判定結果は、後述する総合判定に持ち込まれる。

【0082】なお、マッチング率を算出する方法として、他の公知の方法を採用してもよい。例えば、車両の画像を撮影し、画像処理を用いて車両の特徴、例えば色やプレートナンバーを認識する方法を採用してもよい。

3. 4 車両の平均速度に現れる疎密波（スペクトル変化）を利用した交通流の異常検知（方法D）

判定部Dは、一定（例えば1分）間隔の時刻 t_1 、 t_2 、 t_3 、 \dots 、 t_n 、 \dots （代表するときは添え字 n を使う）ごとに交通量 $Q(t_n)$ 、速度 $V(t_n)$ 、時間占有率 $O(t_n)$ を記録し、それらの周波数スペクトルを算出する。この算出は、公知のように、交通量 $Q(t_n)$ 、速度 $V(t_n)$ 又は時間占有率 $O(t_n)$ の平均値を求め、時間 k ずらした標本自己共分散を求め、標本スペクトル分布 p_j を求めればできる。

【0083】具体的には、交通量 $Q(t_n)$ 、速度 $V(t_n)$ 又は時間占有率 $O(t_n)$ のいずれか1つを選び、それを y_n と表記する。 y_n の平均値 $E(y_n)$ を μ とおく。

$\mu = E(y_n) = (1/N) \sum y_n$ （総和は $n=1$ から N までとる。 N は標本数）

標本自己共分散関数 C_k は、

$$C_k = (1/N) \sum (y_n - \mu)(y_{n-k} - \mu)$$

となる。ただし総和 \sum は、 $n=k+1$ から N までとる。標本スペクトル p_j は、

$$p_j = \sum C_k \exp(-2\pi i k f_j)$$

となる。総和 \sum は、 $k=-N+1$ から $N-1$ までとる。余弦関数で表すと、

$$p_j = C_0 + 2 \sum C_k \cos(2\pi k f_j)$$

となる。総和 \sum は、 $k=1$ から $N-1$ までとる。 f_j は周波数であり、

$$f_j = j/N$$

$j=0, 1, \dots, [N/2]$ （ $[]$ はガウスの記号）である。

【0084】判定部Dは、標本スペクトル分布に基づいて、突発事象発生を判定する。図11は、突発事象の発生した日に算出された交通量 $Q(t_n)$ の1分おきの変動を示すグラフである。突発事象発生地点の下流500mの測定結果を示す。突発事象の起こった時刻8時00分よりも前、 $Q(t_n)$ は50台/分くらいで安定している。しかし、突発事象の起こった時刻8時00分の直後は、 $Q(t_n)$ は著しく低下する。交通障害物が除去された時刻8時20分後、 $Q(t_n)$ は、60台/分くらいに上がり、し

ばらくすると、もとの定常的な値50台/分近辺に戻る。

【0085】図12は、30分間標本（ $N=30$ ）での標本スペクトル（パワースペクトル） p_j を求め、その分布を3次元的に図示したグラフである。横軸に周波数と時刻をとっている。縦軸はパワースペクトルである。図13は、標本スペクトル p_j のピーク値の軌跡を時間を追ってプロットしたグラフである。事故の起こった時刻8時00分以前は、ピーク値は、ほとんど現れていない。8時00分以後、ピーク値は上昇し、交通障害物が除去された時刻8時20分以後もその近辺の値を保つ。

【0086】図14は、標本スペクトルのピーク周波数（単位Hz）をプロットしたグラフである。突発事象が起こった時刻8時00分以前は、ピーク周波数は比較的高めの値をとるが、突発事象が起こった時刻8時00分以後は、急激に下がり、0.05Hz以下となる。交通障害物が除去された後も低い値を保つ。図15は、判定部Dが行う突発事象発生を判定する処理を説明するフローチャートである。図15では、交通量 $Q(t_k)$ の標本スペクトル分布を求めることを想定して説明する。

【0087】判定部Dは、この処理を、時刻 t_n ごとに繰り返し行う。図15に沿って説明すると、判定部Dは、標本スペクトル分布 p_j （ j は周波数相当）を算出する（ステップW0）。判定部Dは、判定部Dに付属するメモリに記憶される評価値（スコアという）を0に初期化し（ステップW1）、前回の突発事象発生判定フラグ又は交通状態注意判定フラグをチェックする（ステップW2）。前回判定フラグオンであれば、前回のパワースペクトルの平均値を基準値として使用し（ステップW3）、一定値 α をスコアに加算する（ステップW4）。

【0088】次に、スペクトルのピーク値（図13参照）が過去30分間のどのピーク値よりも大きいかどうか判定する（ステップW5）。大きければ、一定値 β をスコアに加算する（ステップW6）。次に、スペクトルのピーク値の変化量（例えば微分値）が過去30分の平均値より大きいかどうか判定する（ステップW7）。大きければ、一定値 γ をスコアに加算する（ステップW8）。

【0089】次に、スペクトルのピーク周波数がしきい値（例えば0.1Hz）より小さいかどうか判定する（ステップW9）。小さければ一定値 ϵ をスコアに加算する（ステップW10）。前記スコアに加算するのは、瞬時的な誤検出を防止するためである。前記一定値 α 、 β 、 γ 、 ϵ をどのようにとるかは、実際に突発事象をどの程度正確に検知できるか、運用する高速道路を統計的に調べた上で、自動的に決定することができる。

【0090】そして、スコアに基づき、突発事象発生を判定し（ステップW11）、判定結果を出力する（ステップW12）。スコア及び判定結果は、総合判定に用いられる。なお、前記の実施形態では、交通量 $Q(t_k)$ の標本スペクトル分布を求めていたが、速度 $V(t_k)$ 、時間占有

率 $O(tk)$ の標本スペクトル分布を求めても、同様の処理により、突発事象発生判定が行える。また、これら以外にも、車頭時間間隔、道路区間の車両存在台数、車両の空間占有率、空間平均速度、車頭間隔距離の標本スペクトル分布を求めても、同様の処理により、突発事象発生判定が行える。

【0091】また、標本スペクトル分布ではパワースペクトルそのものの値やピーク周波数の値以外にも、スペクトル密度の値や位相特性を利用しても同様の効果が得られる。

3. 5 道路の交通量、車両の速度、画像データなどの測定値に基づく従来の交通流の異常検知(方法E)

判定部Eは、上流側の車両感知器3、車両感知器5での交通量又は車両の速度の測定値と、下流側での測定値との差を算出し、この差しきい値以上異なっているときに、当該区間での突発事象発生を判定し、その結果を総合判定に送る。

【0092】また判定部Eは、道路に設置されたカメラによって道路の画像計測を行い、画像処理によって停止・低速車両の検出、車線変更車両の追跡等を行い、この結果に基づいて事故等の突発事象の発生を検知し、その結果を総合判定に送ってもよい(下記[6]参照)。

[6] 山田、宮尾、酒井、西山、石下、根岸「トンネル内異常走行検知システムの開発」住友電気第145号、pp.124-129, 1994年9月

また、前記以外に、ニューラルネットワークを利用した方法も採用可能である。これらの公知の方法をまとめて「方法E」という。

【0093】4. 総合判定

コンピュータ11には、総合判定部23が設けられている。総合判定部23は、複数の判定アルゴリズムA~Eの判定結果に基づいて、突発事象の発生尤度(確からしき)を算出し、判定する。

4. 1 評価値の正規化

前記3. 1~3. 5に述べた交通流の異常検知方法A~Eでは、それぞれ用語は違うが、評価値(図3)、相関(図4)、マッチング率(図10)、スコア(図15)、差といわれる値を算出し、それぞれ予めしきい値を設定しておき、これらの値がそれらのしきい値を超えたとき(相関の場合はしきい値より低いとき)に交通流の異常検知を行っていた。

【0094】「相関」の場合、他の方法と整合をとるためには、その逆数をとる必要がある。また、これらの値のとり得る範囲がばらばらであれば、総合判定ができないので、とり得る範囲を一定範囲に統一する必要がある。以後、0から1の範囲をとるようにこれらの値を正規化することとする。そして、正規化後の値を、「評価値」と統一的な名称で呼ぶことにする。そして、方法Aで算出された評価値を P_A 、方法Bで算出された評価値を P_B 、方法Cで算出された評価値を P_C 、方法Dで算出

された評価値を P_D 、方法Eで算出された評価値を P_E とすることにする。

【0095】これらの評価値 $P_A \sim P_E$ を用いた総合判定方法の例として、次の3つの判定方法を説明する。以下では、公知の方法Eは説明の便宜上除外し、4つの方法A~方法Dを基本として説明するが、本発明の実施はこの形態に限られるものではなく、方法A~方法Dのいずれかを方法Eあるいは未知の方法で置き換えたり、方法A~方法Dに方法Eあるいは未知の方法を追加したりしても、本発明の実施は可能である。

【0096】4. 2 総合判定1(多数決方式)

この方法は、方法A~方法Dで異常検知した数に基づいて、総合判定を行う方法である。図16は、多数決方式を説明するためのフローチャートである。方法A~方法Dの処理がすべて終了していれば(ステップ(1))、3つ以上の方法で異常検知しているかどうか判定する(ステップ(2))。3つの以上の方法で異常検知していれば、突発事象の発生尤度が十分に高く「突発事象の発生」と判断する(ステップ(6))。

【0097】2つ以下の方法でしか異常検知していなければ、各方法で算出された評価値を加算する(ステップ(3))。この加算値 $P_A + P_B + P_C + P_D$ がしきい値を超えていれば、突発事象の発生尤度が中程度に高く、「突発事象の発生の可能性が高い注意状態」と判断する(ステップ(7))。なお、前記しきい値が高すぎると検知漏れが多くなり、しきい値が低すぎると誤検知が増えるので、しきい値が適切な値に設定されるようにしなければならない。このしきい値として、例えば、方法総数(いまの場合は4)の1/2倍という値を設定してもよい。

【0098】この加算値がしきい値を超えていなければ、突発事象の発生尤度が低く、「突発事象の発生なし」と判断する(ステップ(5))。なお、以上の処理では、ステップ(2)において、4つある方法のうち3つ以上の方法で異常検知しているかどうか判定していたが、3という数に限られるものではなく、2又は4としてもよい。またステップ(4)において、しきい値を多数設け、突発事象の発生の尤度を段階的に複数個求めてもよい。

【0099】4. 3 総合判定2(重み付け方式)

方法A~方法Dで算出した評価値を、それぞれ重み付けして平均を求める方法である。それぞれ重み係数を α 、 β 、 γ 、 δ とし、この重み付き平均値を P_{total} と表示する。

$$P_{total} = (\alpha P_A + \beta P_B + \gamma P_C + \delta P_D) / (\alpha + \beta + \gamma + \delta)$$

図17は、重み付け方式を説明するためのフローチャートである。方法A~方法Dの処理がすべて終了していれば(ステップ(11))、上式に従って P_{total} を算出する。そしてこの P_{total} を検知しきい値と比較し(ステップ(2))、検知しきい値を超えていれば突発事象の発生尤度

が十分に高く「突発事象発生」と判断する(ステップ(15))。この検知しきい値が高すぎると検知漏れが多くなり、検知しきい値が低すぎると誤検知が増える。この検知しきい値は、後に図18を用いて説明する検知漏れ率や誤検知率の実績に基づき、自動的に決定されるようにしてもよい。

【0100】検知しきい値を超えていなければ、この P_{total} を注意しきい値と比較する(ステップ(14))。注意しきい値<検知しきい値の関係がある。注意しきい値を超えていれば、突発事象の発生尤度が中程度に高く、「突発事象の発生の可能性が高い注意状態」と判断する(ステップ(16))。注意しきい値を超えていなければ、突発事象の発生尤度が低く、「突発事象の発生なし」と判断する(ステップ(17))。

【0101】ここで、前記重み係数 α 、 β 、 γ 、 δ の決定の仕方を説明する。この決定をする前提として、実際に交通計測データを集め、突発事象の発生時の交通計測データに基づいて、各方法A～方法Dで異常検知して、正しく検知したかどうかなどの実績を調べておく必要がある。図18は、この検知率等の記録方法を説明する※20

*めのフローチャートである。まず、交通計測データを常時集積する(ステップ(21))。実際に突発事象が発生したことが分かると(ステップ(22)のYES)、発生時刻前後の交通計測データを参照し(ステップ(23))、方法A～方法Dの処理を行い(ステップ(24))、それぞれの方法で評価値がしきい値を超えて交通流の異常検知を行っていたかどうか判断する。以上の処理を、突発事象が発生するたびに行う。

【0102】この結果、突発事象全発生件数に対して正しく検知できた確率を「正検知率」、突発事象全発生件数に対して検知できなかった確率を「検知漏れ率」、総検知数に対して誤って検知した確率を「誤検知率」、突発事象が実際に発生してから検知するまでの時間を「検知遅れ時間」という(ステップ(25))。総合判定部23は、方法A～方法Dごとにこれらの値を、交通状態、曜日、季節、天候、時間帯別に分類し、記録している。次の表1は、記録内容の評価した一例である。

【0103】

【表1】

	検知に有効な交通状態	検知に有効な時間帯	検知に有効な曜日	過去の信頼性	長 所	短 所
方法A (存在台数)	渋滞初期まで	早 朝	月～土	ボトルネック区間では、中程度の実績	比較的検知は早い	道路線形の影響を受け易い
方法B (車線利用率)	無関係	深夜除く	月～土	検知漏れ多いが、検知は非常に高い実績	検知器付近での突発事象は精度が高い	深夜時間帯など、交通量の少ない場合には適用できない
方法C (マッチング)	渋滞初～末期	朝 ～ 夜	月～土	渋滞の程度が上がるほど、検知精度が高くなる	渋滞時に精度高いほか、旅行時間の計測にも利用できる	自由流時や同じ車種の車両が多い場合、検知精度が下がる
方法D (スペクトル)	渋滞初～末期	朝 ～ 夜	全 て	検知漏れなく、検知も高い実績	精度が安定している	交通計測データのサンプリング周期が長ければ長いほど検知時間が遅くなる傾向がある

【0104】総合判定部23は、現在時刻の重み係数を決定する。重み係数は、交通量Q、速度V、占有率O、道路線形(カーブ、ジグザグ等)、曜日、時間帯、渋滞の程度、過去の検知実績(表1)などの関数とする。図19は、重み係数の決定処理を説明するためのフローチャートである。この処理は、リアルタイムで行う処理である。 $\alpha \sim \delta$ の初期値(例えば全部同一の値とする)に対して修正を施す。

【0105】まず、検知の対象となる道路区間の道路線形による重みを加算する(ステップ(31))。例えば、ボトルネックとなりそうな道路線形であれば、方法A(存在台数)の重み係数 α 、方法B(車線利用率)の重み係数 β を上げる。次に、曜日に基づいた重みを加算する(ステップ(32))。例えば現在が平日であれば、方法A(存

在台数)の重み係数 α 、方法B(車線利用率)の重み係数 β 、方法C(マッチング)の重み係数 γ を上げる。休日であれば、方法D(スペクトル)の重み係数 δ を上げる。

【0106】次に、時間帯に基づいた重みを加算する(ステップ(33))。例えば朝であれば、方法A(存在台数)の重み係数 α を上げる。深夜であれば、方法B(車線利用率)の重み係数 β を下げる。次に、過去の実績に基づいた重みを加算する(ステップ(34))。例えば当該区間で検知率の高い方法の重み係数を上げる。そして、今の交通状態(渋滞の程度)をチェックする(ステップ(35))。渋滞がなければ(ステップ(36)のNO)、方法B(車線利用率)の重み係数 β 、方法D(スペクトル)の重み係数 δ を上げる(ステップ(37))。

【0107】渋滞があれば、渋滞初期かどうか判定し(ステップ(38))、渋滞初期であれば方法A(存在台数)の重み係数 α を上げる(ステップ(40))。渋滞中～末期であれば方法D(スペクトル)の重み係数 δ を上げる(ステップ(39))。以上のようにして、重み係数が自動的に決定される。

4. 4 総合判定3(検知順位方式)

この方式は、方法A～方法Dの検知遅れ時間に着目した総合判定方法である。

【0108】簡単のため、2つの方法(方法A～方法D)のいずれでもよいが、ここでは方法A、方法Dとする。)を例にとって説明する。図20は、過去の実績に基づいて、突発事象を方法A、方法Dが同時に検知した割合、方法Aが方法Dより早く検知した割合、方法Aが方法Dより遅く検知した割合を示すグラフである。突発事象を方法A、方法Dが同時に検知した割合43%、方法Aが方法Dより早く検知した割合34%、方法Aが方法Dより遅く検知した割合23%となっている。この理由は、方法Aが、突発事象発生後の渋滞初期に検知率が高い傾向があるのに対して、方法Dは突発事象発生後の渋滞中～末期に検知率が高い傾向があることに基づくと考えられる。

【0109】図21(a)は、方法A、方法Dが同時に検知した場合の、重みつけ平均による検知成功率、失敗率を示すグラフである。検知成功率、失敗率は例えば89%、11%となっている。図21(b)は、方法Aが方法Dより早く検知した場合の、重みつけ平均による検知成功率、失敗率を示すグラフである。検知成功率、失敗率は例えば100%、0%となっている。図21(c)は、方法Dが方法Aより早く検知した場合の、重みつけ平均による検知成功率、失敗率を示すグラフである。検知成功率、失敗率は例えば80%、20%となっている。

【0110】このように方法Aが方法Dより早く検知した場合の検知成功率が100%と高いので、本検知順位方式によれば、実際に方法Aが方法Dより早く検知しているときは、無条件に突発事象発生と断定する。つまり異常発生の尤度を最大値に設定する。それ以外の場合に初めて、総合判定1又は総合判定2の方式で判定を行う。図22は、検知順位方式の判定方法を説明するためのフローチャートである。方法A～方法Dの処理がすべて終了し(ステップ(51))、少なくとも方法A及び方法Dが突発事象発生を検知していれば(ステップ(52))のYES、それぞれの方法A、Dの検知時刻のデータを参照する(ステップ(53))。

【0111】どの方法が早く検知したかを調べる(ステップ(54))。このとき、各方法の検知時刻が、同一の突発事象を検知しているとは考えられないほどかけ離れていれば、総合判定しても意味がない。従って、各方法の検知時間差が一定の時間あるいは一定の処理周期以内のみ、この総合判定3を行い、それ以外は、この判定をし

ないことが好ましい。方法Aが方法Bよりも早く検知していれば、尤度をもっとも高く、突発事象の発生を判定する(ステップ(55))。

【0112】同時に検知したか、方法Bが方法Aよりも早く検知しているときは、前述した総合判定1又は総合判定2の手法を用いて、突発事象の発生を判定する(ステップ(56))。突発事象の発生と判定されたときは(ステップ(57)のYES)、尤度が中程度であり、突発事象が発生した可能性があるとして、注意と判定する(ステップ(58))。突発事象の発生が判定されなかったときは、尤度は低く、平常状態と判定する(ステップ(59))。

【0113】このように総合判定3は、方法Aが方法Bよりも早く検知していれば、過去の傾向を重視して、前述した総合判定1又は総合判定2を行わずに、突発事象の発生を判定しているところに特徴がある。

4. 5 突発事象発生区間の特定

以上に説明した突発事象の発生が複数の区間で判定された場合、各区間における判定の尤度を比較して、もっとも尤度の高い区間を突発事象発生区間として特定することができる。

【0114】以上のようにして突発事象の発生及びその発生区間が決定されると、交通管理センター10は、可変表示板6、9に、「この先事故・止まれ」のような突発事象の発生を表示し、路側ビーコン7を通して車両に突発事象の発生を通知する。また、通信回線を通して関係機関13や放送局14に連絡する。また、交通状態注意の場合は、交通管理センター10は、可変表示板6、9に「前方注意」のように運転者の注意を喚起するようなメッセージを表示し、路側ビーコン7を通して車両にも走行注意区間である旨を通知する。

【0115】なお、すでに道路工事などが予定され、突発事象の発生が予想されている場合は、交通管理センター10は、当該時刻に突発事象の発生を判定しても、この判定に基づいて可変表示板6、9に突発事象の発生を表示することはなく、関係機関13や放送局14に連絡することもない。

【0116】

【発明の効果】以上のように本発明の交通流の異常検知装置又は方法によれば、各方式の検知結果を組み合わせることにより、各方式の欠点を補うことができるので、道路上の突発事象の発生をより精度よく検知することができる。

【図面の簡単な説明】

【図1】交通流の異常検知をするための交通流監視システムを示す概略図である。

【図2】交通管理センター10内のコンピュータ11の機能ブロック図である。

【図3】判定部Aが行う突発事象発生を監視する処理を説明するためのフローチャートである。

【図4】判定部Bが行う突発事象発生を監視する処理を

説明するためのフローチャートである。

【図5】マッチング判定部Cの行う車両群マッチング処理方法を説明するためのフローチャートである。

【図6】2次元格子状有向グラフを描いた図である。

【図7】 $n=3$ 、 $m=4$ とし、最長路問題を解いた結果を示すための、2次元格子状有向グラフの図である。

【図8】 $n=4$ 、 $m=3$ とし、車両b4のみマッチングされていない場合の2次元格子状有向グラフである。

【図9】時系列最新時点側のイクスターナルギャップを必要としないアルゴリズムを説明するための、2次元格子状有向グラフを描いた図である。

【図10】判定部Cが行う突発事象発生を監視する処理を説明するためのフローチャートである。

【図11】実際に事故の発生した日に算出された交通量 $Q(tn)$ の1分おきの変動を示すグラフである。

【図12】標本スペクトル(パワースペクトル) p_j を求め、その時間変化を図示したグラフである。

【図13】標本スペクトル p_j を求め、そのスペクトルのピーク値をプロットしたグラフである。

【図14】標本スペクトルのピーク周波数をプロットしたグラフである。

【図15】判定部Dが行う突発事象発生を監視する処理を説明するためのフローチャートである。

【図16】総合判定方法の1つである多数決方式を説明するためのフローチャートである。

【図17】総合判定方法の1つである重み付け方式を説明するためのフローチャートである。

【図18】過去の実績に基づく検知率等の記録方法を説明するためのフローチャートである。

【図19】重み係数の決定処理を説明するためのフローチャートである。

【図20】過去の実績に基づいて、突発事象を方法A、方法Dが同時に検知した割合、方法Aが方法Dより早く検知した割合、方法Aが方法Dより遅く検知した割合を示すグラフである。

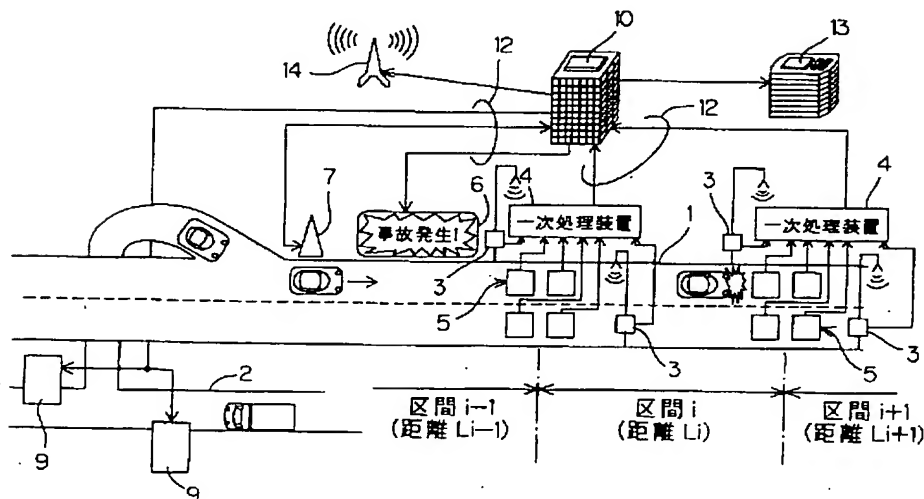
【図21】(a)は、方法A、方法Dが同時に検知した場合の、重み付け平均による検知成功率、失敗率を示すグラフである。(b)は、方法Dが方法Aより早く検知した場合の、重み付け平均による検知成功率、失敗率を示すグラフである。(c)は、方法Dが方法Aより早く検知した場合の、重み付け平均による検知成功率、失敗率を示すグラフである。

【図22】検知順位方式の判定方法を説明するためのフローチャートである。

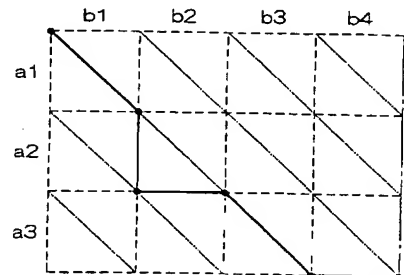
【符号の説明】

- 1 高速道路
- 2 一般道路
- 3 車両感知器
- 4 一次処理装置
- 5 車両感知器
- 6 可変表示板
- 7 路側ビーコン
- 9 可変表示板
- 10 交通管理センター
- 11 コンピュータ
- 13 関係機関
- 14 放送局
- 21 入力処理部
- 22、A～E 判定部
- 23 総合判定部
- 25 出力処理部

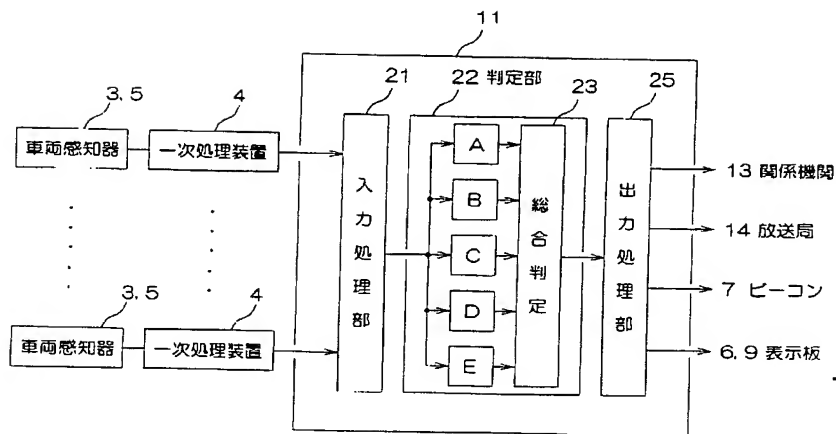
【図1】



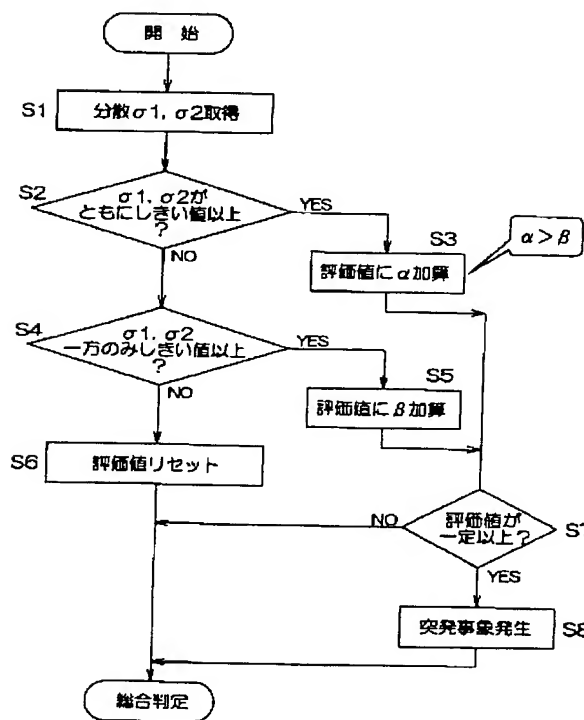
【図7】



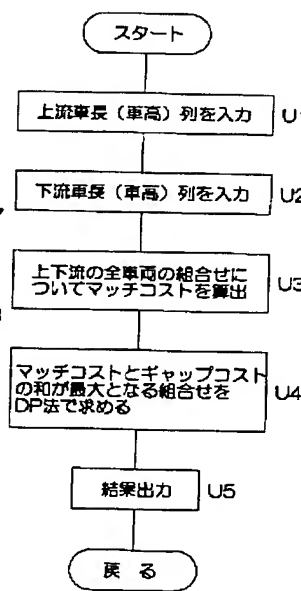
【図2】



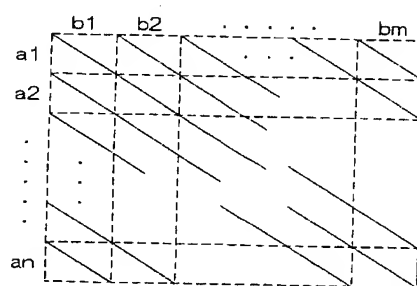
【図3】



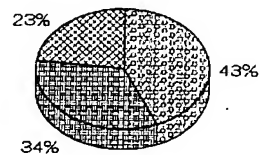
【図5】



【図6】

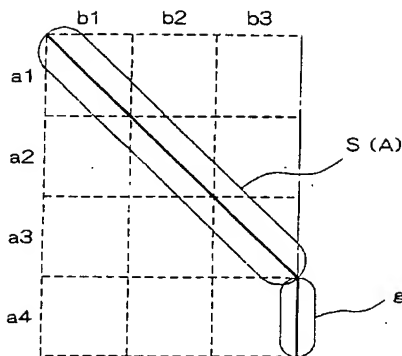


【図20】

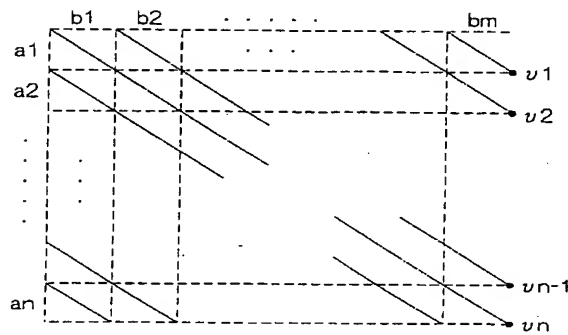


- A、D同時に検知
- AがDより早く検知
- DがAより早く検知

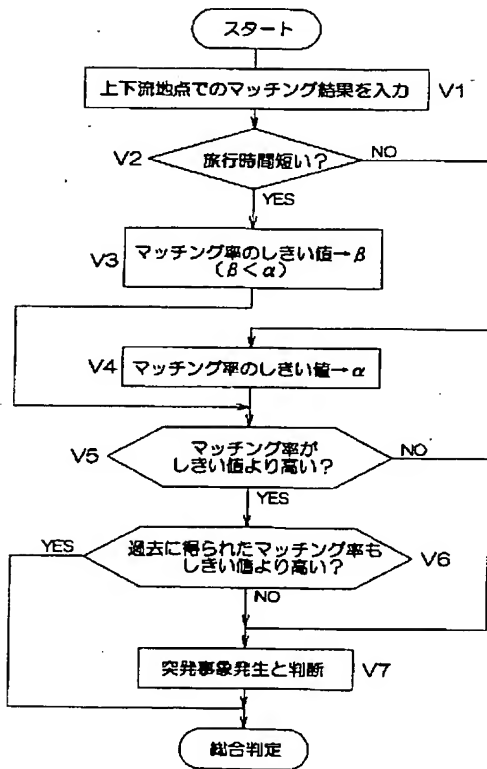
【図8】



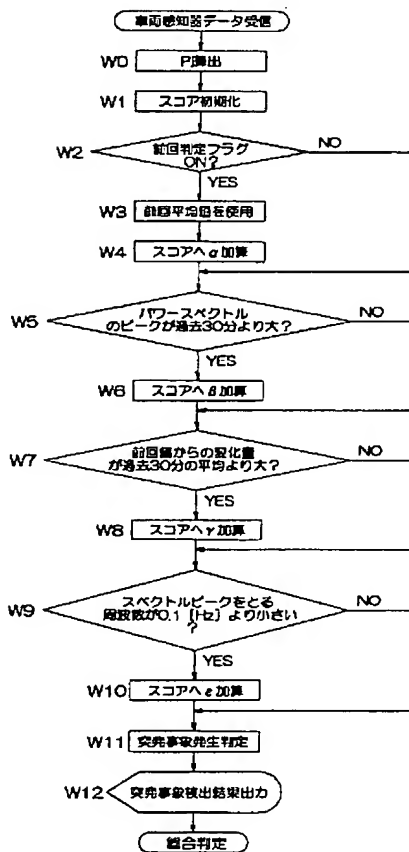
【図9】



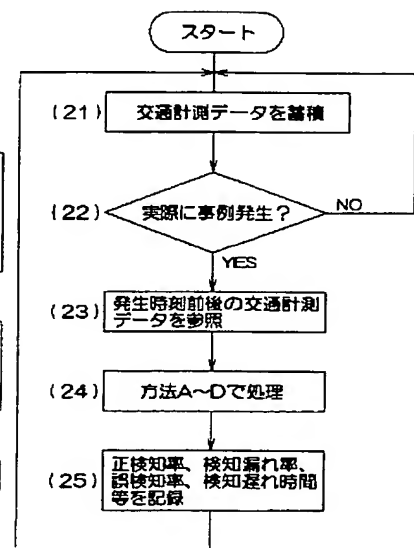
【図10】



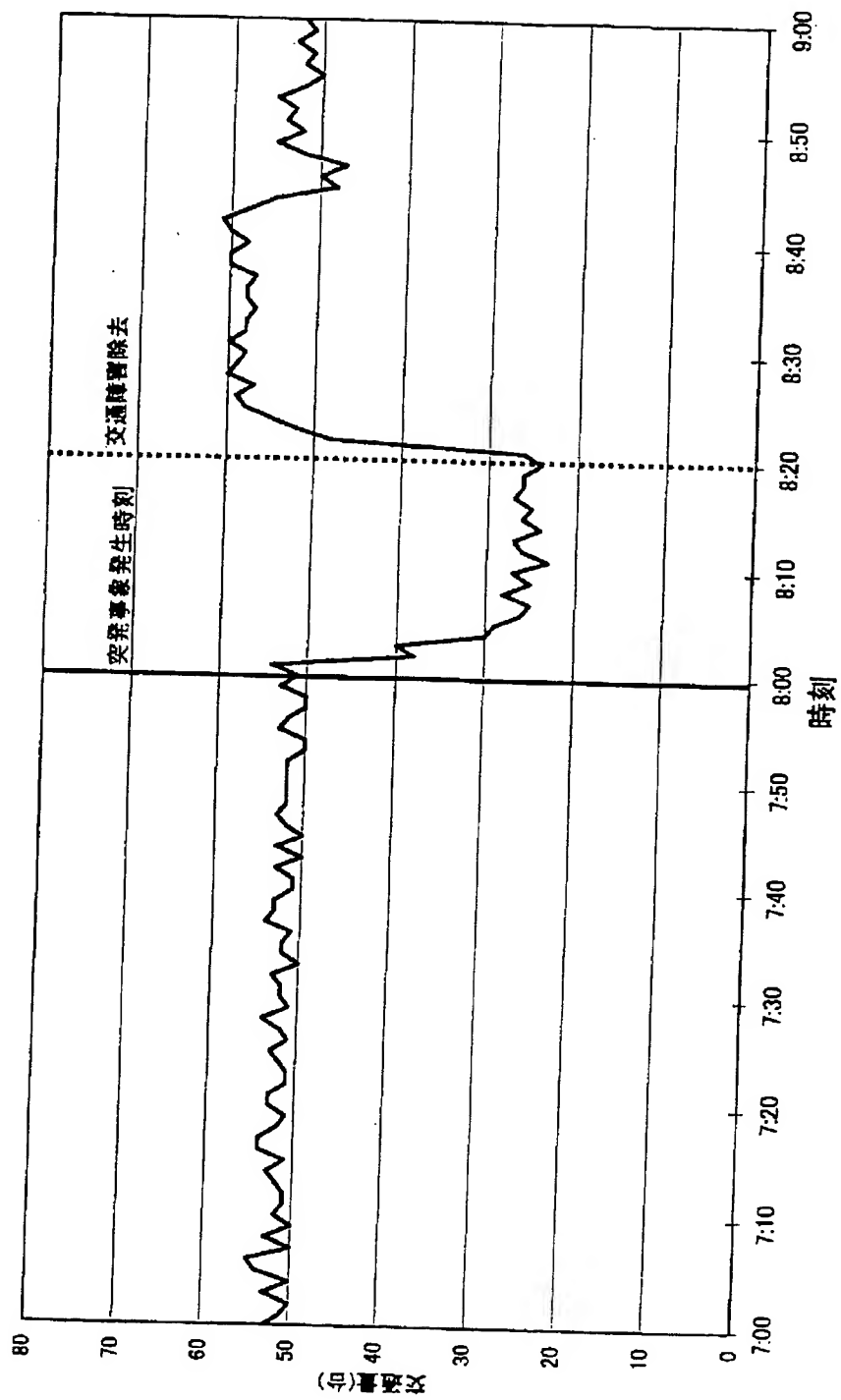
【図15】



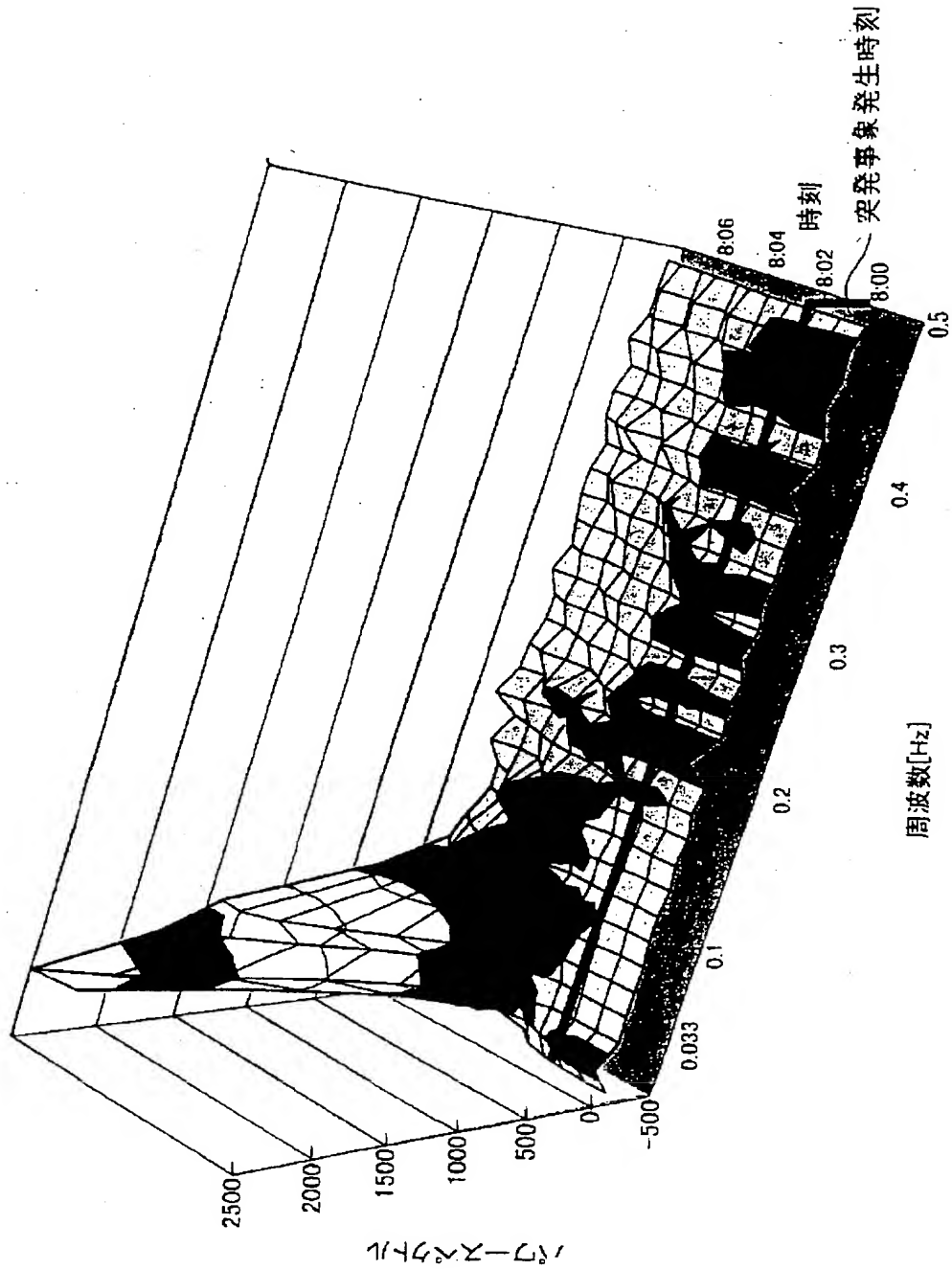
【図18】



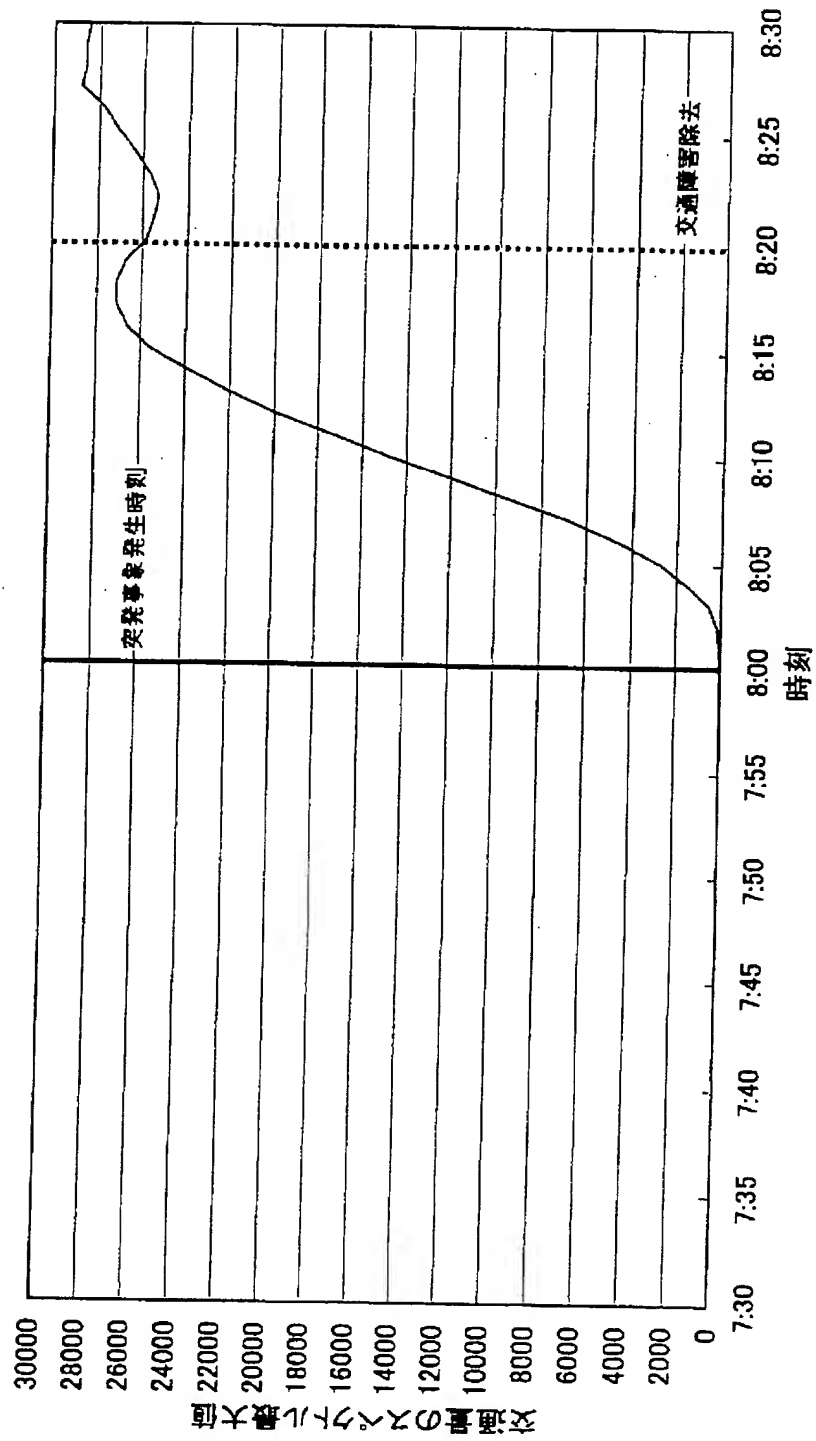
【図11】



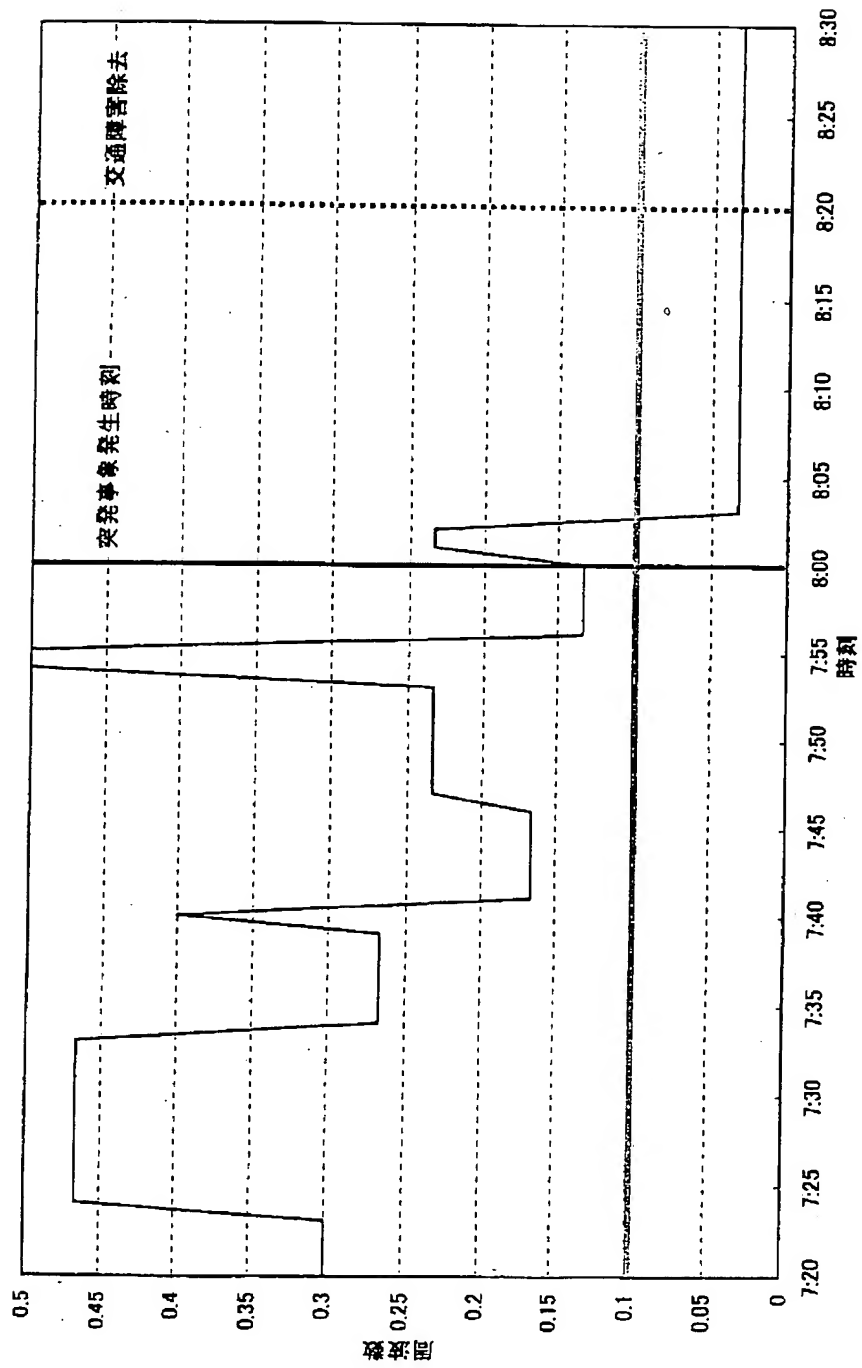
【図12】



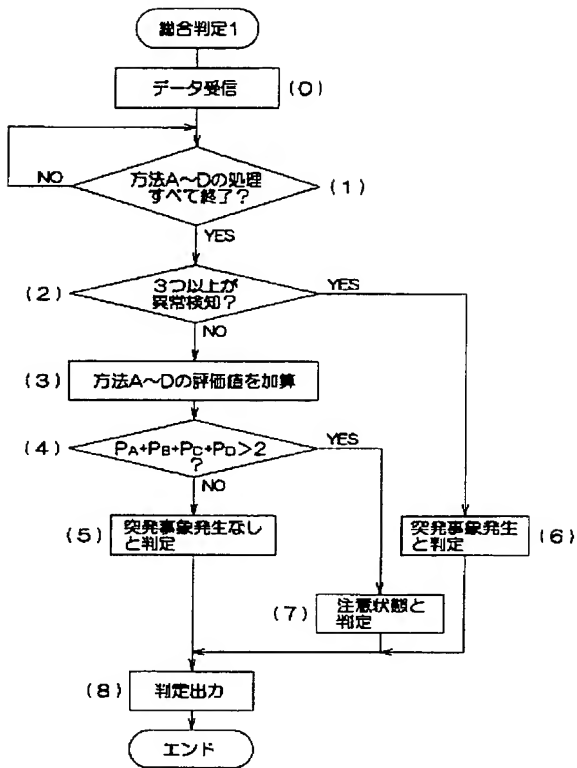
【図13】



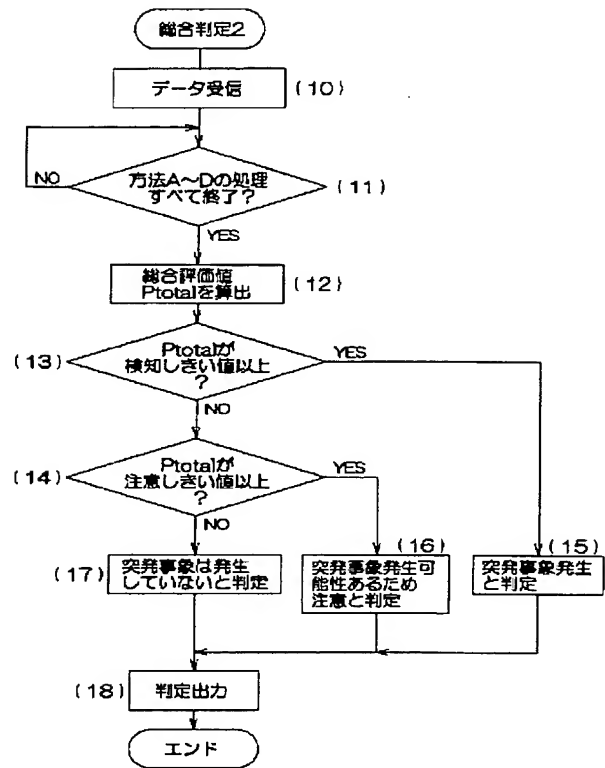
【図14】



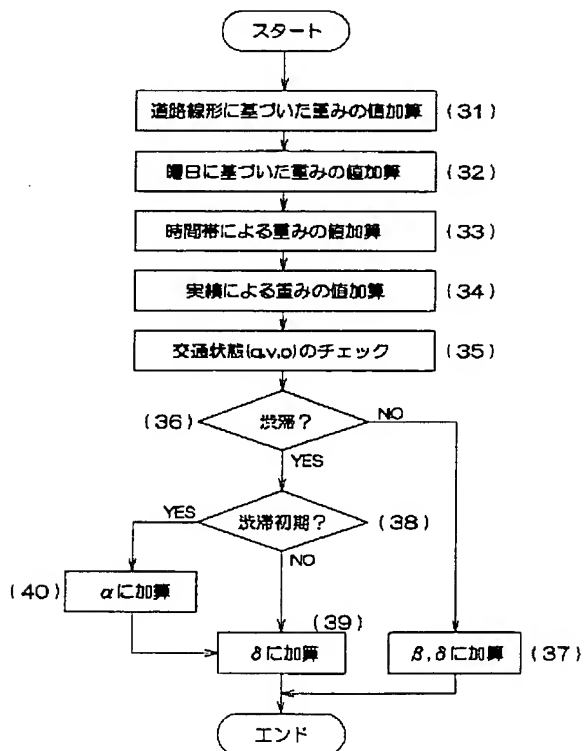
【図16】



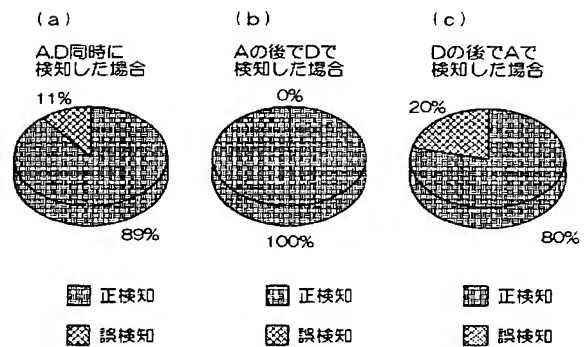
【図17】



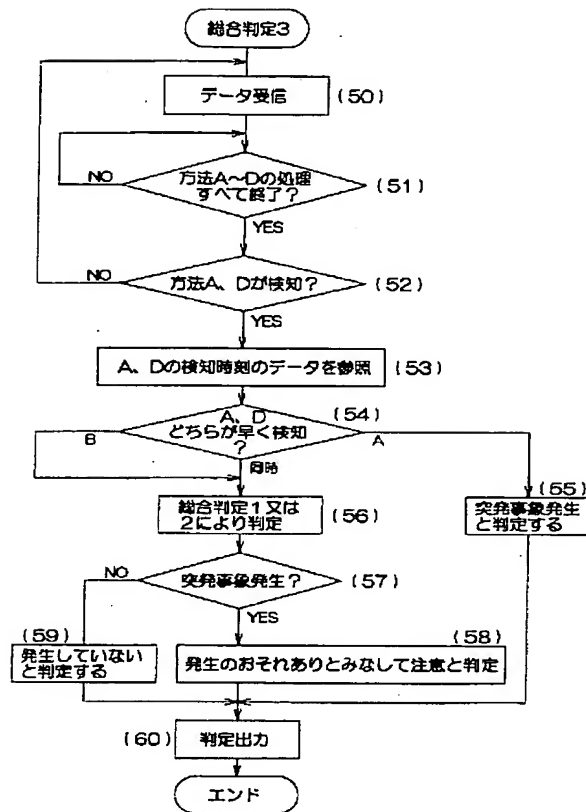
【図19】



【図21】



【図22】



フロントページの続き

(72)発明者 天目 健二

大阪市此花区島屋一丁目1番3号 住友電

気工業株式会社大阪製作所内

Fターム(参考) 5H180 AA01 BB15 CC04 CC18 DD04

EE03 EE12 EE15

THIS PAGE BLANK (USPTO)

**This Page is Inserted by IFW Indexing and Scanning
Operations and is not part of the Official Record**

BEST AVAILABLE IMAGES

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images include but are not limited to the items checked:

- ☐ BLACK BORDERS
- ☐ IMAGE CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES
- ☒ FADED TEXT OR DRAWING
- ☒ BLURRED OR ILLEGIBLE TEXT OR DRAWING
- ☐ SKEWED/SLANTED IMAGES
- ☐ COLOR OR BLACK AND WHITE PHOTOGRAPHS
- ☐ GRAY SCALE DOCUMENTS
- ☐ LINES OR MARKS ON ORIGINAL DOCUMENT
- ☐ REFERENCE(S) OR EXHIBIT(S) SUBMITTED ARE POOR QUALITY
- ☐ OTHER: _____

IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.

As rescanning these documents will not correct the image problems checked, please do not report these problems to the IFW Image Problem Mailbox.

THIS PAGE BLANK (USPTO)